

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра автоматики та управління в технічних системах**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О.І. Ролік

«__»_____2019 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6. 050201 «Системна інженерія»

**на тему: «Автоматизована система керування технологічним процесом
виробництва парфумерних рідин»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ІА-52

Ларіонова Ірина Юріївна _____

Керівник:

Старший викладач Шимкович В. М. _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студентка _____

Київ – 2019 рік

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра автоматики та управління в технічних системах**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки – 6. 050201 «Системна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.І. Ролік

«___» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Ларіоновій Ірині Юріївні

1. Тема проекту «Автоматизована система керування технологічним процесом виробництва парфумерних рідин», керівник проекту Шимкович Володимир Миколайович, старший викладач затверджені наказом по університету від «___» _____ 2019 р. № _____

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту

4. Зміст пояснювальної записки

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

_____ -

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект та узгодження вихідних даних	14.03.2019	
2	Огляд існуючих рішень та вибір структури системи	19.04.2019	
3	Розробка структурної схеми	26.04.2019	
4	Розробка функціональної схеми	10.05.2019	
5	Вибір окремих вузлів та елементів	21.05.2019	
6	Розробка алгоритму управління	06.06.2019	
7	Виконання розрахунків, що підтверджують працездатність системи	14.06.2019	

Студент

І. Ю. Ларіонова

Керівник проекту

В. М. Шимкович

АНОТАЦІЯ

Ларіонова І. Ю. Автоматизована система керування технологічним процесом виробництва парфумерних рідин. НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ, 2019.

Проект містить 63 сторінки тексту, 26 рисунків, 14 таблиць, посилання на 18 літературних джерел, 5 конструкторських документів.

Ключові слова: автоматизація, датчики, контролер, оптимізація, парфумерні рідини, система керування, технологічний процес.

Об'єктом розробки є система керування процесом виробництва парфумів. Мета розробки – підвищення якості, швидкості та ефективності процесу виготовлення парфумованих рідин за рахунок покращення ходу виробництва.

У дипломному проекті були проведені розрахунки, що підтверджують працездатність системи. Окрім цього, було проведено аналіз наявних рішень та вибрано елементи, які є оптимальними для вирішення поставлених задач. Значну увагу було приділено розробці структурної та функціональної схем системи, на базі яких проводились подальші дослідження.

Отримані результати можливо застосувати при створенні нової системи або використати їх для модернізації існуючої.

SUMMARY

Larionova I. Y. Automated control system for technological process of perfume liquids production. Igor Sikorsky KPI, Kyiv, 2019.

The project contains 63 pages of text, 26 figures, 14 tables, links to 18 literary sources, 5 design documents.

Keywords: automatization, sensors, controller, optimization, perfum liquids, control system, technological process.

The object of development is the control system of perfume production process. The purpose of the development is in improving quality, speed and efficiency of the making perfum liquids by improving the production process.

The graduation project developed some calculations, which confirm the system's efficiency. In addition, an analysis of available solutions was performed and selected elements that are optimal for solving the tasks. Considerable attention was paid to the development of the structural and functional schemes of the system, on the basis of which further research was carried out.

The results can be applied when creating a new system or used to upgrade the existing one.

Номер рядку	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Номер	Примітка
1			<u>Документація загальна</u>			
2						
3			Розроблена			
4						
5	A4	IA52.320БАК.005 ПЗ	Пояснювальна записка	6 3		
6						
7	A3	IA52.320БАК.005 Э1	Схема структурна	1		
8	A3	IA52.320БАК.005 Э2	Схема функціональна	1		
9	A3	IA52.320БАК.005 Д1	Алгоритм	1		
10	A3	IA52.320БАК.005 Д2	Алгоритм	1		
11	A3	IA52.320БАК.005 Д3	Алгоритм	1		
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Ларіонова І.Ю.				Літер.	Аркуш
Перевір.	Шимкович В. М.				Т	І
Н.контр.						
Затв.						

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Автоматизована система керування
технологічним процесом виробництва парфумерних
рідин»**

Київ – 2019 рік

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТЕРМІНІВ	4
ВСТУП	11
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ.....	13
2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ВИМОГИ	14
3 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ.....	15
3.1 Опис технологічного процесу та установки.....	15
3.2 Огляд наявних методів виготовлення парфумованих рідин	18
3.3 Огляд наявних систем автоматизації	18
3.3.1 Найпростіша система.....	20
3.3.2 Розподілені системи автоматизації	21
3.3.3 Системи з багаторівневою архітектурою	23
3.3.4 Системи з застосуванням інтернет-технологій.....	24
3.3.5 Відкриті системи	25
4 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	27
5 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	29
6 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ	32
6.1 Перетворювач та сигналізатор рівня.....	32
6.2 Засоби вимірювання витрати	34
6.3 Засіб контролю стану вакууму	35

6 5 Засіб контролю стану вакууму					55			
					ІА52.320БАК.005.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.		Ларіонова І.Ю			<div>Автоматизована система керування технологічним процесом виготовлення парфумерних рідин</div> <div>Пояснювальна записка</div>			
Перевір.		Пимкович В.М.						
Т.контр.								
Затвер.								
					<div>Т</div>			63
					КПІ ім.Ігоря Сікорського ФІОТ Група ІА-52			

6.4 Засоби вимірювання температури.....	36
6.5 Вимірювальні перетворювачі тиску.....	38
6.6 Регулюючі клапани	39
6.7 Насос для перекачування рідин та підтримки вакууму	41
6.8 Двигун до мішалки.....	42
6.9 Контролер	44
6.10 Модулі введення/виведення.....	48
7 ПОБУДОВА АЛГОРИТМУ РОБОТИ КОНТРОЛЕРА.....	51
7.1 Алгоритм першої частини.....	52
7.2 Алгоритм другої частини	53
7.3 Алгоритм третьої частини.....	55
8 ВИБІР ЗАКОНУ РЕГУЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РЕГУЛЯТОРА	57
8.1 Регулювання витрати спирту	57
8.2 Регулювання температури парфумованої рідини.....	60
ВИСНОВОК.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	69

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТЕРМІНІВ

АСУ – автоматизована система управління

АСУП – автоматизована система управління підприємством

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ККД – коефіцієнт корисної дії

ОС – операційна система

ПЛК – програмований логічний контролер

РСУ – розподілені системи управління

ЦА – цифро-аналоговий

					ІА52.320БАК.005 ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

В сучасному світі доволі складно уявити виробництво будь-яких продуктів без використання складних технічних установок. Основою кожного виробництва є технологічний процес. Для полегшення його протікання, зменшення ризиків та впливу зовнішніх факторів застосовують автоматизацію виробничих процесів – одну з провідних галузей науки і техніки, що розвивається особливо динамічно. Автоматизація дозволяє у сотні разів підвищити продуктивність праці, звільнити працівника від виконання важкої або монотонної роботи, впроваджувати сучасні технології виробництва, які були б неможливими без її існування.

В даному дипломному проекті розглянута автоматизація системи керування технологічним процесом виробництва парфумерних рідин.

Дату зародження парфумерії встановити неможливо. Відомо, що ще до античних часів люди використовували суміші різних рослин та олій для ароматизації повітря через дим, спалюючи або підігріваючи гілки, трави, квіти та смоли. Згодом торгівля ароматами почала активно розвиватися, що призвело до створення парфумів майже в тому вигляді, в якому вони нам відомі і сьогодні.

Парфумовані рідини – це спиртові або водно-спиртові розчини, що містять суміш пахучих речовин і відрізняються їх співвідношенням. Використовуються для ароматизації повітря, волосся, одягу, тіла, а також у якості освіжаючих та гігієнічних засобів. Матеріалами для виготовлення слугують натуральні (рослинного та тваринного походження) та синтетичні запашні речовини, етиловий спирт, вода та барвники.

Досліджуючи сучасний стан парфумерної промисловості України та порівнюючи його з іноземним виробництвом, можна помітити, що впровадження сучасних технологій, утримання лабораторій по дослідженню речовин та виготовленню суттєво нових парфумерних засобів залишається на низькому рівні.

					IA52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Все це призводить до низької конкурентоспроможності та гальмування розвитку галузі.

При виготовленні продукції може бути застосовано 5 основних методів, кожен з яких використовується для приготування різних видів парфумованих товарів: парфумів, одеколонів, запашних вод тощо. Основною різницею між ними є порядок завантаження та змішування компонентів, їх температура та спосіб відстоювання.

В дипломному проекті розглянуто метод, при якому у відстійний бак завантажують таку кількість компонентів, щоб пізніше до неї можна було додати $\frac{2}{3}$ розрахункової кількості спирту. Залишеною $\frac{1}{3}$ частиною спирту промивають усю систему, включаючи мірники і трубопроводи, після чого цей спирт подають у відстійний бак. Після відстоювання парфумована рідина піддається процесам нагрівання, охолодження та фільтрації. Перевагами методу є економічність щодо витрат ресурсів – витрачається менша кількість рідин, електроенергії та праці. Найбільш доцільно використовувати його для виготовлення одеколонів, проте при виготовленні інших видів парфумованих речовин якість не погіршиться.

Метою даного проекту є підвищення якості, швидкості та ефективності процесу виготовлення парфумованих рідин за рахунок покращення ходу виробництва, яке буде досягнуто за допомогою автоматизації наступних основних та допоміжних технологічних процесів: змішування речовин, їх охолодження та нагрівання, фільтрація, розфасування.

Бакалаврський проект складається з наступних розділів: вступ, 8 основних розділів, висновки, список використаних джерел з 18 найменувань. Графічна частина включає 5 креслеників формату А3. Загальний обсяг пояснювальної записки – 63 сторінки.

					IA52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

В наш час продукція парфумерної індустрії вже давно увійшла в життя кожної людини. Головною її особливістю є запахи, від яких залежить цінність виробу, так як вони здатні впливати на наш організм як на психологічному, так і на фізіологічному рівнях.

Парфумовані рідини знайшли своє застосування не тільки у вигляді звичних нам парфумів та одеколонів, а й використовуються для виробництва декоративної косметики, гігієнічних косметичних засобів, свічок, ароматизаторів або освіжувачів повітря, побутової хімії тощо.

Проектована автоматизована система керування технологічним процесом виробництва парфумерних рідин призначена для виконання комплексу інформаційних і керуючих функцій, що забезпечують:

- підготовку і задання змінних технологічного процесу та налаштування параметрів регулювання;
- вимір і реєстрацію температури рідини, її рівня у відстійниках;
- вимір і реєстрацію витрати спирту;
- регулювання подачі спирту та настоїв до відстійника та далі за рахунок автоматичного включення/відключення насосів;
- вимір та контроль тиску, підтримку вакууму;
- візуалізацію, контроль і діагностику ходу технологічного процесу.

Окрім того, система забезпечує високий рівень ККД установки, зміну її продуктивності, підвищує безпеку та надійність технологічного процесу, підвищує економічність за рахунок зменшення витрат ресурсів, скорочує кількість обслуговуючого персоналу та полегшує умови його праці. Система може бути застосована і введена в експлуатацію на вже працюючому підприємстві або слугувати базою для створення нової лінії виробництва.

					IA52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ВИМОГИ

Під час розробки автоматизованої системи керування технологічним процесом виробництва парфумованих рідин були визначені наступні характеристики та вимоги, згідно ГОСТу 31678-2012 [2]:

- температура навколишнього середовища: від -10 °С до +40 °С;
- атмосферний тиск: від 84 кПа до 107 кПа;
- витрата етанолу: 67% від загальної кількості;
- тиск у трубопроводах: від 0,15 МПа до 0,2 МПа;
- наявність вакууму всередині резервуару для змішування;
- час змішування: від 15 до 20 хв;
- температура розсолу: від 0 °С до +2 °С;
- температура гарячої води: від 90 °С до 97 °С;
- температура парфумованої рідини на вході до теплообмінника: від 0 °С до +2 °С;
- температура готової продукції на виході: 18 °С;
- наявність у приладів аналогових інтерфейсів 4 – 20 мА.

					ІА52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

При виборі структури системи управління процесом виготовлення парфумованих рідин був проведений ретельний аналіз технічних рішень та методів, застосованих на подібних підприємствах.

3.1 Опис технологічного процесу та установки

Парфуми, одеколони, туалетні та духмяні води – це спиртові або водно-спиртові розчини багатокomпонентних сумішей духмяних речовин (парфумерних композицій) у флаконах або пробірках. Основною сировиною слугують запашні речовини (ефірні олії рослин, речовини, що виділяються залозами тварин, синтетичні речовини), етиловий спирт, вода, барвники та антиоксиданти (консерванти).

Виробництво таких виробів складається з наступних ключових етапів:

- приготування суміші запашних речовин;
- отримання парфумованої рідини (розчинення суміші в спирті, додавання води, барвників та консервантів);
- відстоювання рідини для отримання необхідного запаху;
- темперування рідини: нагрів, охолодження та фільтрація;
- розлив, оформлення та пакування готових виробів.

В даному проекті для виготовлення продуктів використовується установка, що зображена на рисунку 1, але з модифікацією. Обладнання такого типу складається з наступних основних пристроїв: спиртометри, вакуумметри, дозатори і ваги різних конструкцій, змішувачі з різними типами мішалок, збірники та ємності для відстоювання, теплообмінники, фільтри, насоси або монжю (пристрій для подачі рідини шляхом її витіснення за допомогою стиснутого повітря), датчики для вимірювання тиску, рівня рідини тощо [1].

					IA52.320BAK.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

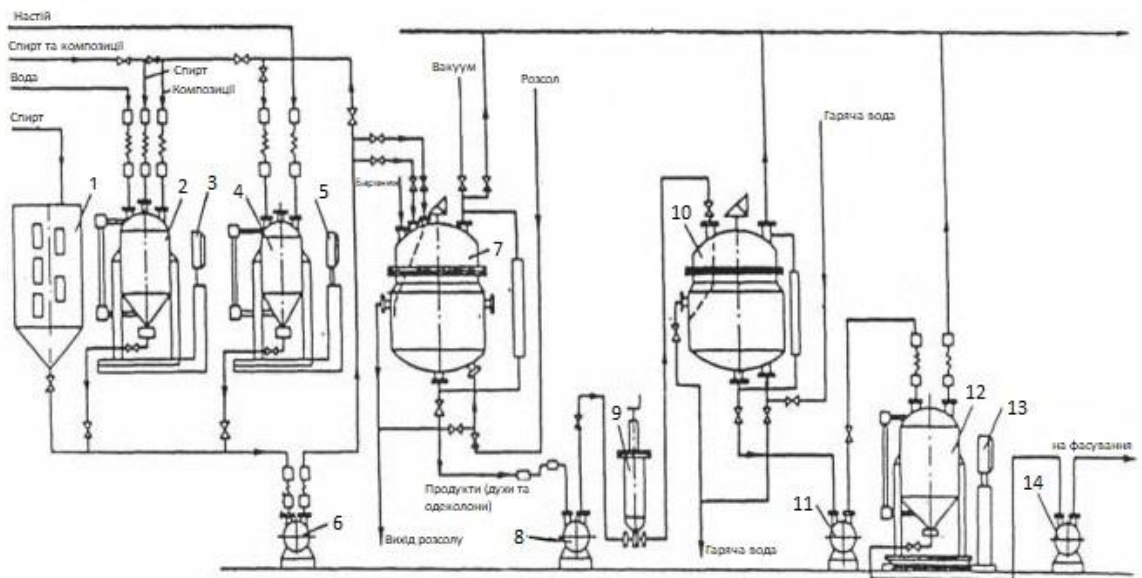


Рисунок 1 – Схема технологічної установки

1 – резервуар для етилового спирту; 2 – резервуар для композицій та води; 3, 5 та 13 – ваги циферблатні платформні; 4 – резервуар для настоїв; 6, 8, 11 та 14 – насоси; 7 – бак для відстою; 9 – серветковий фільтр «Симонетон»; 10 – апарат темперуючий для парфумерних рідин; 12 – резервуар для готової продукції.

Спочатку у спиртометр 1 по спиртопроводу подається етанол, який зберігається у спиртосховищі. У мірники 2 та 4 з відділу виготовлення настоїв та композицій на вагах 3 та 5 подають необхідні речовини. Далі у відстійний бак 7 за допомогою насоса 6 завантажують компоненти таким чином, щоб одночасно з композицією та настоями було подано близько $\frac{2}{3}$ загальної кількості спирту, який потрібен для приготування парфумів. Після цього через мірник 2 додається необхідна кількість води та через воронку, що вставлена в один із штуцерів баку, додається барвник у вигляді розчину.

Частиною спирту, що залишилась, по зворотному трубопроводу промивається вся система, включаючи мірники 2 та 4 і трубопроводи для композицій та настоїв. Це робиться для того, щоб система була підготовлена до завантаження нових компонентів, що відрізняються від попередніх, і виключався ризик змішування різних запахів.

Даний метод розділу та транспортування компонентів дає змогу виготовити широкий асортимент парфумованих рідин та значно зменшити витрати настоїв та композицій.

Після того, як всі компоненти завантажено, їх перемішують у відстійному баці (його місткість може становити від 100 до 16000 л) протягом 10 – 20 хв. Для цього використовуються мішалки з електропневмоприводом або циркуляційними насосами для перемішування. Далі відбирають пробу рідини, за допомогою якої визначають міцність та температуру помутніння речовини, якість запаху. Якщо всі параметри задовільні, на рідину складають паспорт, в якому відзначають різні показники (найменування, кількість тощо). Після цього рідину в баці залишають для відстоювання на той час, який необхідний за рецептурою кожного типу парфумованих рідин.

Під час відстоювання по трубопроводу в сорочку бака 7 зі спеціальної холодильної установки подається розсіл, який має температуру від 0 до 2 °С. Після того, як сплине час відстоювання, охолоджена рідина під тиском 0,15 – 0,2 МПа (тиск утворюється насосом 8) фільтрується за допомогою фільтра 9, переходить в темперований апарат 10, з якого повертається назад до баку. Процес фільтрації буде проходити до тих пір, доки рідина не стане повністю прозорою. Для процесу темперації рідину потрібно знову підігріти до 18 °С. Для цього у сорочку темперованого апарату подається гаряча вода, що циркулює в закритій системі.

Після закінчення фільтрації та перед тим, як подати рідину на розфасування, знову відбирається проба та встановлюється її відповідність потрібним технічним умовам та стандартам: зовнішній вигляд, однорідність, прозорість, відсутність механічних домішок та мутності, забарвлення, міцність, кількість. Якщо показники задовільняють норму, речовину подають у мірник 12, а з нього за допомогою насосу 14 подають у цех для розфасування. За допомогою ваг 13 та показів мірника 12 обраховується кількість рідини між цехами виготовлення і розфасування.

					ІА52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Огляд наявних методів виготовлення парфумованих рідин

Окрім описаного вище методу, також існує ще 4 способи створення парфумованих рідин. Проте кардинальних відмінностей вони не мають, найчастіше змінюється лише кількість етанолу, що використовується, та час відстоювання.

Найбільш розповсюдженим, швидким та простим є класичний метод, згідно якого усі компоненти завантажуються у відстійний бак, перемішуються, певний термін відстоюються і фільтруються. Метод, що був обраний для дипломної роботи, є вдосконаленим класичним методом.

Другий метод був вперше розроблений і запроваджений на Ленінградській парфумерній фабриці «Северное сияние» та має дві основні стадії. Спочатку потрібно приготувати концентрат, що складається з композицій та настоїв і містить 50% від кількості спирту, необхідного згідно рецептури. Далі компоненти перемішують та відстоюють. За два дні до кінця необхідного терміну відстоювання додають залишену кількість спирту та воду. Після цього фільтрують та розфасовують.

Третій метод найчастіше використовується для виготовлення одеколонів, так як потребує обов'язкової наявності водно-спиртового середовища. Згідно нього всі композиції, що входять до рецептури, розчиняють у водно-спиртовій суміші найменше можливої концентрації, яка допускається, перемішують та відстоюють необхідний час. Після цього рідину відділяють від осаду, додають ще етилового спирту, води та барвників та знову відстоюють протягом 12 годин.

Четвертий метод полягає в тому, що у відстійні баки завантажують всі необхідні компоненти та 80-85% спирту від загальної його кількості, що передбачена рецептом. Суміш відстоюють необхідну кількість часу та фільтрують. Далі додають залишені 15-20% етанолу для уникнення випадання осаду та помутніння, та розфасовують.

3.3 Огляд наявних систем автоматизації

					IA52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Існує велика кількість датчиків, які використовуються для описаних вище процесів, перетворюючи фізичну величину у електричний сигнал. Якщо параметри сигналу не відповідають певному стандарту, у автоматизації використовують вимірювальний перетворювач, який приводить сигнал до стандартних діапазонів змін, компенсує похибку, посилює його тощо [3].

В основному вимірювальні перетворювачі komponують з модулями аналогового введення, які слугують для введення в комп'ютер аналогових сигналів. Модулі введення можуть бути загального призначення (універсальні) або спеціалізовані. Окрім цього існують також модулі дискретного вводу, які не містять АЦП, та модулі рахункового вводу, які мають дискретний вхід та дозволяють рахувати кількість або частоту імпульсів.

Всі сигнали датчиків приймаються «мозком» автоматизованої системи – комп'ютером, який виконує записану в нього програму і видає необхідну інформацію на пристрої виведення. Також використовують програмований логічний контролер (ПЛК), замість комп'ютера або одночасно з ним.

Головними відмінностями ПЛК від комп'ютера є спеціальне конструктивне виконання (вони розробляються для монтування у стійку, панель, на стіну або безпосередньо в технологічне обладнання), відсутність жорсткого диску, дисплею та клавіатури. Контролери мають відносно малий розмір, широкий температурний діапазон для роботи, підвищену стійкість до вібрації та електромагнітного випромінювання, низьке енергоспоживання, захист від пилу та води, містять плати аналогового та дискретного введення-виведення, велику кількість комунікаційних портів. Також в контролерах використовується операційна система (ОС) реального часу (Windows CE, QNX), тоді як комунікація між комп'ютером і пристроями введення-виведення проводиться через послідовні інтерфейси (USB, Ethernet, CAN).

Моделі взаємодії між усіма компонентами системи та моделі самих компонентів формують архітектуру автоматизованої системи. Елементами архітектури є моделі датчиків, вимірювальних перетворювачів, пристроїв

IA52.320BAK.005 ПЗ					Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

введення-виведення, ПЛК, комп'ютерів, інтерфейсів, промислових мереж, протоколів, драйверів, каналів передачі інформації, виконавчих пристроїв.

При побудові архітектури повинні бути враховані такі властивості автоматизованої системи:

- слабка зв'язаність елементів архітектури між собою;
- можливість тестування, діагностики та ремонту;
- надійність та відповідність вимогам безпеки;
- простота обслуговування та експлуатації;
- економічність та відкритість;
- можливість переналаштування для роботи з іншими технологічними процесами;
- можливість роботи з новими функціями;
- мінімальний час на монтаж та налаштування.

Архітектура системи може бути різною, в залежності від вирішуваної задачі автоматизації. Такими задачами можуть бути моніторинг, автоматичне управління, диспетчерське управління, забезпечення безпеки тощо. Розглянемо існуючі варіанти архітектури.

3.3.1 Найпростіша система

Найпростіший варіант автоматизованої системи зазвичай будується на основі одного комп'ютера, пристроїв введення-виведення, датчиків та виконавчих пристроїв.

У ході роботи така система автоматичного регулювання порівнює поточне значення вимірюваного параметру X з задаючим впливом (завданням SP) і усуває неузгодженість E . Така система зазвичай також містить хоча б один регулятор, який усуває зовнішні збуджувальні впливи Z [4].

Структурна схема такої системи зображена на рисунку 2.

					IA52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

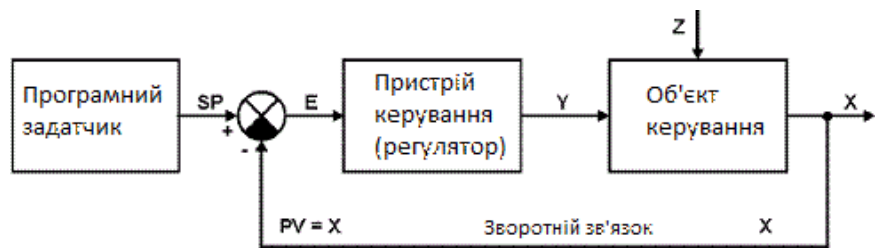


Рисунок 2 – Структурна схема простої замкненої системи регулювання

Такі системи зазвичай використовуються для автоматизації в домашніх умовах, в якості випробовувальних стендів для тестування серійної продукції, для лабораторних робіт у вищих навчальних закладах, локального управління технологічним процесом, для контролю за температурою, вологою тощо.

3.3.2 Розподілені системи автоматизації

У зв'язку зі збільшенням кількості датчиків та ускладненням алгоритмів керування, постає все більша необхідність у застосуванні розподілених систем управління (РСУ). Вони складаються з великої кількості контролерів та модулів вводу-виведення, які знаходяться на різних територіях. При такому підході структура розподіленої системи та алгоритм її роботи стають подібними на структуру самого об'єкта автоматизації. Функції збору, обробки даних та керування стають розподіленими серед безлічі контролерів. Кожен контролер працює зі своєю групою пристроїв введення-виведення і обслуговує певну задану частину об'єкта керування [3].

При виконанні наступних умов можна досягти усіх максимальних переваг системи:

- 1) Всі пристрої у системі взаємодіють між собою для виконання загальної задачі, проте не залежать один від одного;
- 2) Обмін інформацією між контролерами зведений до мінімуму.

Розподілена система також пом'якшує вимоги до операційних систем реального часу, оскільки всі задачі розподілені між паралельно працюючими контролерами, на кожному з яких встановлена окрема ОС.

Для ефективного проектування таких систем необхідні чіткі методи їх опису. Також необхідно забезпечити сумісність всіх пристроїв, що входять до системи і випускаються різними виробниками. Для забезпечення виконання цих умов був розроблений міжнародний стандарт, який використовує три рівня ієрархії моделей для розробки РСУ:

- модель системи;
- модель фізичних приладів;
- модель функціональних блоків.

Окрім розподіленої системи з топологією «точка-точка» (коли поєднуються тільки два пристрої) існує також розподілена система з загальною шиною. Для того, щоб отримати дані з модуля або контролера, комп'ютер (або контролер) надсилає у шину його адресу і команду запиту даних. Мікропроцесор, що входить до складу кожного модуля, порівнює адресу на шині з його власною адресою, і, якщо адреса співпадає, виконує наступну команду. Команда дозволяє зчитати данні, що поступають на вхід пристрою, або встановити необхідні дані на виході.

Зв'язок окремих пристроїв в топології «точка-точка» може здійснюватися за допомогою будь-якої промислової мережі. Найбільш поширеними є мережі Profibus, Modbus та Industrial Ethernet.

Складні розподілені системи для спрощення можна поділити на такі однорідні рівні:

- 1) Нульовий рівень: включає в себе датчики та виконавчі пристрої, які мають інтерфейс типу ASI, 1-Wire, CAN, HART тощо;
- 2) Перший рівень: включає програмовані логічні контролери та модулі аналого-цифрового та дискретного введення-виведення, обмін інформацією між якими проводиться по промисловій мережі;
- 3) Другий (диспетчерський) рівень: включає робочі станції з

комп'ютером та оператором, який спостерігає за ходом

IA52.320BAK.005 ПЗ

					Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

технологічного процесу або керує ним. Передача даних відбувається по мережі Ethernet або через протокол TCP/IP;

- 4) Третій рівень: здійснює керування цехом. Тобто це рівень, який інтегрує систему управління технічним процесом з системою управління підприємством в цілому. Передача даних відбувається по мережі Ethernet або через протокол TCP/IP;
- 5) Четвертий рівень: рівень керівництва. Включає в себе автоматизовану систему управління підприємством (АСУП).

3.3.3 Системи з багаторівневою архітектурою

Промислова мережа може бути під'єднана не тільки до одного комп'ютера, а й до мережі комп'ютерів. Така архітектура автоматизованої системи є зручною у випадку колективної роботи з системою або для зв'язку технологічного рівня АСУ з керуючим.

Доступ будь-якого комп'ютера мережі, до пристроїв введення-виведення або контролерів здійснюється за допомогою OPC-сервера. Сервери можуть розміщуватись на декількох комп'ютерах або контролерах, а доступ до них здійснюється з будь-якого комп'ютера мережі. Зазвичай OPC-сервер працює лише з одним або декількома портами введення-виведення комп'ютера, до кожного з яких підключена одна промислова мережа. Тому кількість таких серверів у системі менше або дорівнює кількості промислових мереж. До мережі можуть бути під'єднані будь-які пристрої, що мають Ethernet-інтерфейс.

Основою програмного забезпечення, що встановлено на комп'ютерах мережі, є SCADA-пакети – програмні засоби диспетчерського управління і збору даних.

Системи управління з багаторівневою архітектурою зазвичай будуються по об'єктному принципу, коли структура системи обирається подібною структурі об'єкту автоматизації, а кожна підсистема є локальною.

Кожна підсистема виконує окрему функцію, яка задається логікою

					IA52.320BAK.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

функціонування всієї системи. Такий об'єктний принцип побудови дозволяє полегшити проектування системи та забезпечити її надійність.

3.3.4 Системи з застосуванням інтернет-технологій

Для застосування інтернет-технологій в задачах управління використовують web-сервери, які можуть бути розташовані як на звичайних персональних комп'ютерах, так і на контролерах або модулях введення-виведення. Таким чином, за допомогою будь-якого браузера можна керувати технологічними процесами.

Перевагами такого методу є те, що вартість каналів зв'язку є значно меншою завдяки комутації пакетів, а не каналів, що дозволяє значно покращити ефективність використання пропускної здатності мережі зв'язку. Також з'являється можливість використовувати диспетчер будь-якого веб-браузера незалежно від його виробника, типу апаратної платформи або ОС. Управління та моніторинг через інтернет можуть здійснюватися з будь-якої точки земної кулі, що є дуже зручним для корпорацій, а також існує широкий вибір вже готових технічних рішень, апаратних та програмних продуктів.

Всього наявні два різних способи керування за допомогою інтернету: спосіб віддаленого терміналу та спосіб ділення SCADA-пакету на серверну та клієнтську частини.

При використанні способу віддаленого терміналу, керована програма виконується на віддаленому від користувача комп'ютері, на якому встановлюється спеціалізований веб-сервер. За допомогою браузера можна працювати з запущеними на веб-сервері програмами, з файловою системою та реєстром сервера, запускати програми, контролювати запущені додатки та служби, встановлювати права доступу до системи, отримувати інформацію про завантаження процесора та оперативної пам'яті.

Другий спосіб віддаленого керування через інтернет заснований на діленні SCADA-пакету на дві частини. Клієнтська частина являє собою веб-браузер, який переглядає спеціалізовану веб-сторінку, що знаходиться на веб-сервері. На цій сторінці створюється спеціалізований інтерфейс з

ІА52320БАК-005-ПЗ					Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

графікою та анімацією (лопаті вентилятора, що обертаються, рух рідини в трубах тощо). Так як основна частина візуальної динаміки інтерфейсу користувача виконується на клієнтському комп'ютері, а з серверу передаються тільки дані про об'єкт автоматизації, суттєво знижуються вимоги до пропускної здатності інтернет каналу.

Цей спосіб працює таким чином: веб-сторінка приймає дії користувача (наприклад, натискання кнопок, заповнення форм) і передає їх серверу. Сервер посилає запит на отримання даних з контролерів та у відповідь користувачу формує нову веб-сторінку з елементами, зміненими у відповідності з діями користувача.

3.3.5 Відкриті системи

Відкритою називається модульна система, яка допускає заміну будь-якого модуля на аналогічний модуль іншого виробника, а інтеграція системи з іншими системами (у тому числі з користувачем) виконується без подолання великих проблем.

Необхідними умовами відкритості системи є модульність, відповідність загальноприйнятим стандартам, наявність у вільному продажі аналогічних систем, підсистем, або модулів інших виробників. Також важливими показниками є платформна незалежність і масштабованість.

Засобами досягнення відкритості є різні промислові мережі та протоколи, програмні інтерфейси, інтерфейси користувача, сумісність різних інтерфейсів та програм.

Перевагами використання відкритих систем є:

- зменшення витрат на проектування системи завдяки наявності на ринку великого вибору готових компонентів;
- спрощення процесу інтеграції;
- збільшення часу безвідмовної роботи за рахунок вибору більш надійних модулів;

– мінімізація часу вимушеного простою під час поломки,

IA52.320BAK.005 ПЗ

					Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

- мінімальні зусилля для введення в дію апаратури та програмного забезпечення;
- проста зміна конфігурації системи для роботи з новими технологічними процесами;
- простота обслуговування та роботи;
- можливість застосування новітніх технологій та технічних рішень завдяки широкому вибору найкращих наявних рішень;
- збільшення часу життя системи та функціональних можливостей.

Недоліками таких систем є те, що відповідальність за працездатність системи не поширюється на виробника, а лише на системного інтегратора. Також зазвичай доводиться використовувати досить складні протоколи, інтерфейси, мережі та програмне забезпечення, а відповідно й дорогі. Також відкритість накладає обмеження на діапазон можливих технічних рішень, знижуючи вірогідність появи нових ефективних технічних рішень.

					IA52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

У дипломному проекті була розроблена структурна схема автоматизованої системи керування технологічним процесом виробництва парфюмерних рідин, що представлена на кресленні ІА52.320БАК.005 Э1. На ньому зображена загальна структура системи управління, а саме блок головного контролера, всі датчики та допоміжні пристрої.

За допомогою різноманітних графічних елементів (прямокутників, стрілок тощо) на схемі зображені всі основні елементи системи та їх взаємозв'язок. Це все дає широке уявлення про послідовність протікання технологічного процесу та роботи системи в цілому.

Для зручності система розбита на 5 сегментів, кожен з яких містить хоча б один технологічний вузол та хоча б один виконавчий елемент, та блок головного контролера під назвою «Контролер».

До першого сегменту входять 6 елементів (3 резервуари, насос, датчики рівня і датчик витрати), до другого – 5 елементів (резервуар, мішалка, вакуумметр, холодильна установка, датчик рівня), до третього – 3 елементи (насос, фільтр, датчик тиску), до четвертого – 4 елементи (теплообмінник, бойлер, датчик температури та насос), до п'ятого – 3 елементи (резервуар, насос, датчик рівня).

Наведена структурна схема показує, що технологічні вузли, такі як резервуари, апарат для темперування тощо, взаємодіють з керуючим контролером за допомогою датчиків, які передають інформацію про стан того чи іншого елемента. Контролер, в свою чергу, видає керуючий сигнал на виконавчі елементи, які представлені клапанами, насосами, мішалкою.

У випадку фіксації датчиками невідповідності певних параметрів нормі, вони посилають сигнал збою на контролер, який оперативно реагує та надсилає сигнал на всі пристрої про аварійну зупинку системи. Після того, як несправність буде усунена, спеціаліст знову запустить установку, контролер перевірить справність всіх датчиків та систем та при відсутності збоїв процес виробництва запуститься знову.

					ІА52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Автоматичному контролю в даній системі підлягають наступні параметри:

- рівень рідин у кожному з резервуарів;
- витрата спирту при змішуванні речовин;
- тиск на другому насосі;
- робота двигунів насосів;
- робота двигуну мішалки;
- контроль наявності вакууму всередині установки для змішування та відстоювання;
- температура парфумерної рідини при її нагріванні.

Інші параметри парфумерних речовин (однорідність, міцність тощо) контролюються безпосередньо спеціалістом, так як основним завданням автоматизації виробництва є забезпечення якості продукту на виході. Іншими словами, парфумовані речовини, отримані в результаті роботи такої системи, повинні відповідати пред'явленим критеріям.

					ІА52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Функціональна схема автоматизації технологічного процесу представлена на кресленні ІА52.320БАК.005 Э2.

На схемі представлено 5 контурів, кожен з яких має різне призначення. Всі вони отримують інформацію про стан деякого параметра технологічного вузла системи. Також кожен контур може відрізнятися приладами в своєму складі, які контролюються мікроконтролером. Це залежить від завдань, які необхідно вирішити для кожного конкретного технологічного параметру: вимір, реєстрація, індикація тощо [5].

Контур 1: виконує функцію запуску системи, наповнення резервуарів речовинами, необхідними для виготовлення парфумованих рідин, перекачування усіх речовин у бак для змішування за допомогою насоса, очищення системи.

Регульовані параметри та значення фізичних величин, що знімаються з датчиків: рівень рідин в резервуарах (мм), значення витрати спирту ($\text{м}^3/\text{год}$), робота насосу та клапанів.

Склад контуру:

- три резервуари для речовин;
- три первинних вимірювальних перетворювача для вимірювання рівня, встановлених по місцю (LE 1.3, LE 1.10, LE 1.18);
- безшкальний прилад для вимірювання витрати з дистанційною передачею показів, встановлений по місцю (FE 1.5);
- клапани для регулювання подачі речовин;
- насос та двигун насоса (M1).

Контур 2: виконує функцію змішування і відстоювання усіх компонентів, їх охолодження (за необхідності).

Регульовані параметри та значення фізичних величин, що знімаються з датчиків: рівень рідини в резервуарі (мм), наявність вакууму (Па), робота клапанів.

		Склад контуру:				ІА52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

- резервуар для змішування та відстоювання;
- первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання рівня, встановлений по місцю (LE 2.6);
- прилад для вимірювання тиску розрідження: вакуумметр (PE 2.3);
- мішалка та двигун мішалки (M2);
- клапани для регулювання подачі речовин;
- холодильна установка.

Контур 3: виконує функцію подачі рідини до фільтру за допомогою насоса та фільтрації після відстоювання.

Регульовані параметри та значення фізичних величин, що знімаються з датчиків: тиск на насосі (Па), робота насоса та клапанів.

Склад контуру:

- насос та двигун насоса (M3);
- клапани для регулювання подачі речовин;
- прилад для вимірювання тиску (розрідження) безшкальний з дистанційною передачею показів, встановлений по місцю (PE 3.4);
- серветковий фільтр.

Контур 4: виконує функцію нагрівання рідини після фільтрації.

Регульовані параметри та значення фізичних величин, що знімаються з датчиків: температура рідини (°C), робота насоса та клапанів.

Склад контуру:

- апарат для темперування (теплообмінник);
- первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання температури, встановлений по місцю (TE 4.1);
- бойлер для підігріву води;
- клапани для регулювання подачі речовин;
- насос та двигун насоса (M4).

Контур 5: отримання готової парфумерної речовини та подача на

	розфасування.				IA52.320BAK.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Регульовані параметри та значення фізичних величин, що знімаються з датчиків: рівень рідин в резервуарах (мм), робота насосу та клапанів.

Склад контуру:

- резервуар для зберігання готової продукції;
- клапани для регулювання подачі речовин;
- первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання рівня, встановлений по місцю (LE 5.1);
- насос та двигун насоса (M5).

Дана схема побудована на базі контролера Phoenix Contact, що описаний у підрозділі 6.9, та який має необхідну кількість аналогових входів для отримання сигналів від датчиків, дискретних входів для відслідковування позицій клапанів та дискретних виходів для регулювання положення клапанів і управління двигунами, що описані у підрозділі 6.10.

					ІА52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ

В даному розділі наведені датчики, виконавчі та обчислювальні пристрої, які були обрані для автоматизації установки з виготовлення парфумованих рідин. Всі перетворювачі і виконавчі пристрої орієнтовані на роботу у пожежонебезпечному середовищі і можуть використовуватися у косметичній промисловості.

6.1 Перетворювач та сигналізатор рівня

Датчики рівня мають різні принципи дії, проте для автоматизації технологічного процесу доцільно обрати датчик з уніфікованим електричним вихідним сигналом, що спрощує перетворення сигналу перед введенням його в контролер. Так як у процесі виготовлення використовується спирт, який є легкозаймистою речовиною, датчик також має бути пожежо- та вибухобезпечними.

Тому було обрано магніточутливий вимикач MS DUG2S-N-C-0,3 (рисунок 3), що використовується для перетворення безконтактного впливу об'єкту (рівня рідини) в електричний сигнал для подальшого керування виконавчим пристроєм за допомогою контролера [9].

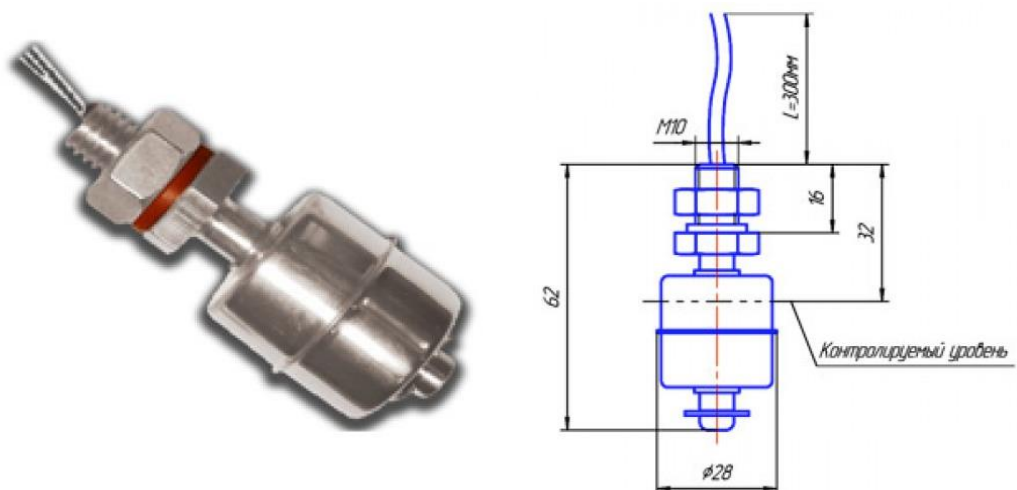


Рисунок 3 – Перетворювач рівня MS DUG2S-N-C-0,3
IA52.320BAK.005 ПЗ

					Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Принцип дії датчика заснований на замиканні контактів геркону, що знаходиться у штанзі вимикача, під дією постійного магніту, вбудованого у поплавков. Тобто пристрій забезпечує замикання контактів при рівні рідини нижче або рівному контрольованому рівню. На функціональній схемі перетворювач позначений позиціями LE. Перелік технічних характеристик рівнеміра знаходиться у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Технічні характеристики MS DUG2S-N-C-0,3

Характеристика	Значення
Під'єднання	Кабель 2x0,34 мм. кв
Кількість робочих циклів, не менше	5×10^5
Потужність комутації, не більше	0,166 Вт
Напруга комутації	0,1...15,8 В
Струм комутації, не більше	0,11 А
Контрольований рівень, $S_{\text{ном}}$	32 мм
Щільність контрольованої рідини, не менше	750 кг/м ³
Діапазон робочих температур	-50°C ... +85°C
Тип датчика	Герконовий

Оскільки в технологічному процесі необхідні точні значення рівнів речовин в резервуарах, точність вимірювання перетворювача повинна бути максимальна. Тому був обраний перетворювач, який дозволяє вимірювати рівень з мінімальною приведеною похибкою $\Delta \leq \pm 0,5\%$ (2 мм).

Також важливим параметром є щільність контрольованої рідини. Оптимальним діапазоном щільності для даного перетворювача є 750 – 1000 кг/м³. Етиловий спирт має щільність 789 кг/м³, щільність води коливається до 1000 кг/м³ в залежності від температури, щільність настоїв та композицій знаходиться в рамках 750 – 995 кг/м³, тому обраний перетворювач ідеально підходить для системи.

6.2 Засоби вимірювання витрати

Витратомір в даному проекті повинен мати максимальну точність вимірювання, оскільки перебуває в контурі регулювання. Найбільш точними є витратоміри Коріоліса.

Витратомір Коріоліса Метран-360, що зображений на рисунку 4, призначений для вимірювання масової і обчислення об'ємної витрати рідких і газоподібних середовищ. Вимірюване середовище може бути наступним: гази (від надлегких), рідини (в тому числі агресивні), емульсії, суспензії, важкі та високов'язкі середовища (сира нафта, мазут, бітум тощо) [10].

Прилад може встановлюватись на трубопроводі таких діаметрів: 15 мм, 25 мм, 40 мм, 50 мм, 80 мм, 100 мм.

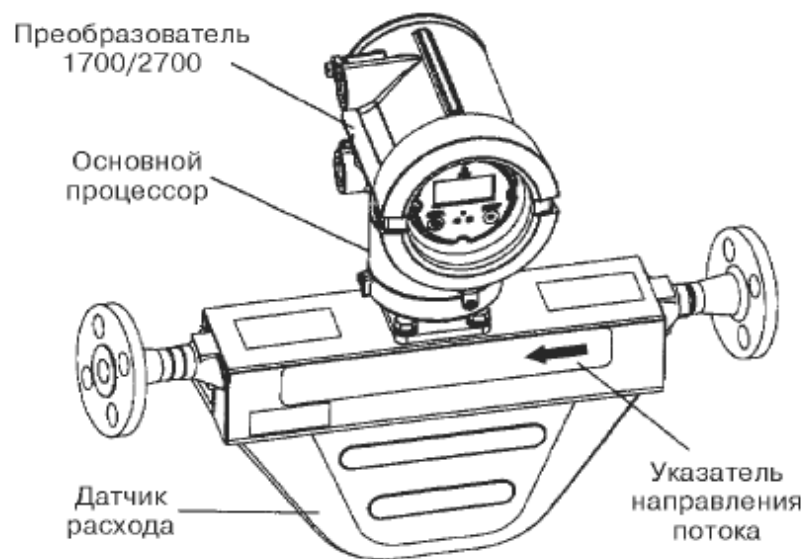


Рисунок 4 – Витратомір Коріоліса Метран-360

Основні переваги приладу:

- висока точність вимірювань параметрів протягом тривалого часу;
- можливість роботи незалежно від напрямку потоку;
- надійна робота при наявності вібрації трубопроводу, при зміні температури і тиску робочого середовища;

					IA52.320BAK.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- довгий час служби та простота обслуговування завдяки відсутності рухомих частин та частин, що зношуються;
- відсутність прямолінійних ділянок трубопроводу до та після витратоміра;
- відсутність необхідності в періодичній перекалібровці та у регулярному технічному обслуговуванні;
- можливість роботи від різних джерел живлення.

Перелік технічних характеристик витратоміра знаходиться у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Технічні характеристики приладу

Характеристика	Значення
Тиск в трубопроводі, не більше	15,8 МПа
Напруга комутації	24...30 В
Струм вихідного сигналу	4...20 мА
Межа основної відносної похибки для рідин	$\pm 0,2\%$
Температура вимірюваного середовища	-40°C ... +125°C

На функціональній схемі засіб вимірювання витрати позначений позицією FT.

6.3 Засіб контролю стану вакууму

Для вимірювання стану та наявності вакууму всередині установки доцільно використовувати компактний широкодіапазонний вакуумметр з цифровим дисплеєм Televac СС-10 (рисунок 5). Для вимірювання вакууму прилад використовує два датчики: у діапазоні від атмосферного тиску до 10^{-2} Торр працює кристалічний кварцовий датчик, а якщо тиск в діапазоні від 10^{-2} до 10^{-9} Торр використовується подвійний інверсно-магнетронний датчик з холодним катодом [11].



Рисунок 5 – Вакуумметр Televac CC-10

Прилад оснащений сенсорною мікропанелью управління, трьома вбудованими реле вакууму з шістьма незалежно налаштовуваними точками перемикання (для керування роботою вакуумної системи), аналоговим виходом 0 – 10 В, цифровим входом, цифровим інтерфейсом RS485. Робоча температура досягає 50 °С. Одиниці вимірювання, у яких вакуумметр може відображати інформацію – Торр (мм. рт. ст.), мбар, Па.

Перевагами приладу є:

- він не потребує зовнішнього блоку відображення;
- стійкий до різкого збільшення тиску – для вимірювань в області високого вакууму використовується інверсно-магнетронний принцип;
- не має ниток розжарювання, котрі можуть перегоріти та котрі потрібно змінювати;
- стійкий до забруднення датчика – корпус приладу спеціально спроектовано для легкої очистки;
- має найвищу точність серед широкодіапазонних вакуумметрів з холодним катодом.

На функціональній схемі засіб контролю стану вакууму позначений позицією РІ.

6.4 Засоби вимірювання температури

					ІА52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Температурні режими в даному технологічному процесі мають невеликі межі: від 0 до +18 °С. Тому можна використовувати універсальний термоперетворювач, такий як Wika TR30-W, що зображений на рисунку 6 [12].



Рисунок 6 – Термоперетворювач Wika TR30-W

Прилад використовується як універсальний термометр для вимірювання температури рідких та газоподібних речовин. Він має можливість програмування і калібрування за допомогою програмного забезпечення. Таким чином температури можуть передаватись до системи керування швидко та надійно.

Термометр опору складається з сенсора в захисній трубці, яка може встановлюватися в технологічний процес, використовуючи різьбове з'єднання або компресійний фітинг (можливі варіанти без фітингів підключення до процесу). Електричні з'єднання здійснюються через кутовий з'єднувач DIN або круглий з'єднувач M12x1, як показано на рисунку 6. Всі електричні компоненти мають захист від водяних бризг і здатні витримувати вібрації.

Також модель TR30-W може бути виконана у іскробезпечному

варіанті, що підвищує безпеку та надійність всієї системи.
IA52.320BAK.005 ПЗ

					Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Головною перевагою даного перетворювача є можливість його модифікації в залежності від потреб виробництва. Основні технічні характеристики термоперетворювача наведені у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Технічні характеристики приладу

Характеристика	Значення
Значення похибки	$\pm 1\text{K}$
Напруга живлення	10...35 В
Струм вихідного сигналу	4...20 мА
Одиниці виміру температури	°C, °F, K
Температура вимірюваного середовища	-50°C ... +250°C
Глибина занурення	25...500 мм
Діаметр датчика	3...8 мм
Зовнішній тиск, не більше	40 бар
Матеріал	Нержавіюча сталь

На функціональній схемі засіб вимірювання температури позначений позицією ТЕ.

6.5 Вимірювальні перетворювачі тиску

У технологічному процесі відсутні ділянки високого тиску. Ділянки підвищеного тиску знаходяться в системі подачі речовини до фільтру. Величина тиску рідини в мережі повинна відповідати номінальним значенням та дорівнювати 0,15 – 0,2 МПа.

Цей діапазон входить в робочий діапазон точного і надійно виконаного п'єзорезистивного перетворювача тиску АРС-2000, зображеного на рисунку 7. Він призначений для вимірювання тиску розрідження, а також надлишкового й абсолютного тиску газу, пари та рідини [13].

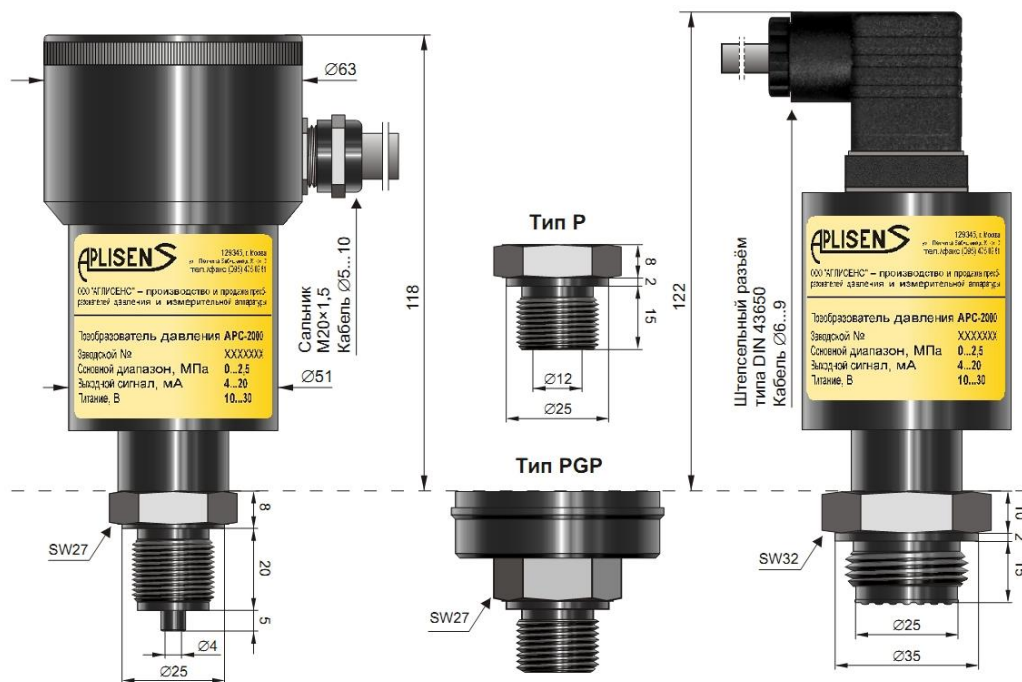


Рисунок 7 – П'єзорезистивний перетворювач тиску APC-2000

Первинним вимірювальним перетворювачем є п'єзорезистивний кремнієвий тензомодуль, відокремлений від середовища вимірювання розділовою мембраною і заповнений спеціальною рідиною. Обмін даними з перетворювачем дає можливість отримувати інформацію про вимірювану величину тиску як в одиницях виміру тиску, так і в одиницях виміру струму, а також у відсотках від діапазону вимірювання вихідного сигналу.

Як лінія зв'язку використовується ланцюг вихідного сигналу 4 – 20 мА. Напруга живлення становить 7,5 – 28 В. Межа зведеної похибки $\gamma_{\max} \leq \pm 0,05\%$ для основного діапазону. Матеріал корпусу – нержавіюча сталь. У зв'язку з невеликою масою, перетворювач можна встановлювати безпосередньо на об'єкті.

На функціональній схемі вимірювальний перетворювач тиску позначений позицією РТ.

6.6 Регулюючі клапани

Клапани запірно-регулюючі призначені для регулювання подачі речовин до резервуарів, а також регулювання їх пересування у системі

IA52.320BAK.005 ПЗ					Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Регулятори подачі повинні забезпечувати необхідну динаміку процесів і мати можливість дистанційного керування.

Наведеним вимогам відповідає односідельний запірно-регулюючий клапан ГА68003, що зображений на рисунку 8 [13].

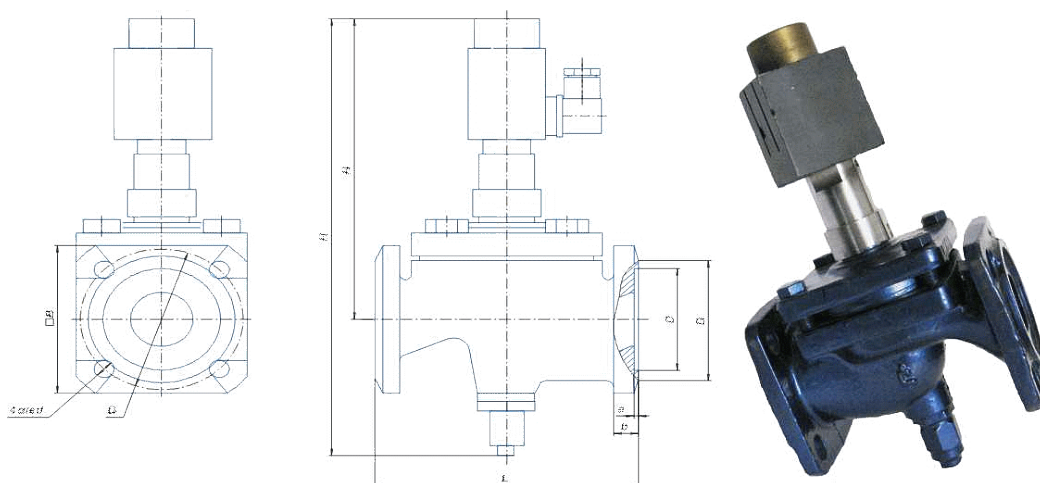


Рисунок 8 – Запірно-регулюючий клапан ГА68003

Механізм має два кінцевих вимикача і здвоєний реостатний датчик положення. Основні технічні характеристики клапану наведені у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Технічні характеристики клапану

Характеристика	Значення
Частота живлення	50 Гц
Напруга живлення	220 В
Тиск середовища, не більше	1,6 МПа
Пропускна здатність	16 м ³ /год
Температура робочого середовища	0°C ... +150°C
Діаметр	25 мм

Так як клапан слугує і регулюючим, і запірним пристроєм одночасно, виключається необхідність встановлення запірних пристроїв до та після регулюючої арматури в технологічних лініях.

Клапан може працювати з такими робочими середовищами: вода та пар, газоподібні середовища, нафтопродукти. В якості приволу

використовується електричний виконавчий механізм з двох положень.

Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
------	------	----------	--------	------	------

у затворі становлять 0,001%. Прикріплення до трубопроводу – фланцеве. Матеріал, з якого виготовляється – чугун.

6.7 Насос для перекачування рідин та підтримки вакууму

Для даного технологічного процесу найдоцільнішим з економічної точки зору буде обрати насос, який одночасно підтримує перекачку і рідин, і газів (для підтримки вакууму у резервуарі для змішування та відстоювання). Насос повинен мати велику потужність для швидкого і ефективного відкачування, допускати наявність частинок твердої фази і мати малий антикавітаційний запас.

Всі вище описані цілі задовольняє насос фірми Hydro-Vacuum моделі SKC, що зображений на рисунку 9 [14].



Рисунок 9 – Насос типу SKC

Насоси типу SKC на всмоктуючій стороні мають осьовий вхід збільшеного діаметру, а на нагнітаючій стороні вихід, виведений вертикально вгору. Залежно від призначення і роду конструкційного виконання насоса застосовується, зокрема, торцеве ущільнення, що забезпечує повну герметичність.

Торцеве ущільнення може змазуватись і омиватись рідиною, що перекачується, або рідиною, підведеною ззовні. Зазвичай для ущільнення застосовують прокладки товщиною 0.11 мм.

Такі лопатеві циркуляційні насоси з обхідним каналом і відцентровим ротором перед першим ступенем найчастіше служать для перекачування рідин, що містять неабразивні тверді частинки розміром до 0,5 мм в невеликих кількостях. Основні технічні характеристики насосу наведені у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Технічні характеристики насосу типу SKC

Характеристика	Значення
Продуктивність	0,2...30 м³/год
Висота підйому речовин, не більше	310 м
Температура робочої рідини, газу	-40°C ... +180°C
Щільність, не більше	1,3 кг/дм³
В'язкість, не більше	150 мм²/с
Вага	37...436 кг
Потужність двигуна	0,25...30 кВт
Швидкість обертання	1450 об/хв (50 Гц), 1800 об/хв (60 Гц)

Напрямок обертання насосу – за годинниковою стрілкою, якщо дивитись на нього зі сторони приводу. На функціональній схемі двигуни насосів позначені позиціями M1, M2, M4, M5 та під'єднані безпосередньо до них.

6.8 Двигун до мішалки

Двигун мішалки призначений для періодичних включень і передачі крутного моменту на лопасті мішалки в резервуарі. Двигун повинен володіти

високою потужністю, бути розрахований на довгу безперервну роботу з великим моментом навантаження.

Для перемішування речовин і збільшення коефіцієнта їх взаємодії, що дозволить проходити процесу ефективніше, доцільно буде вибрати двигун МЭМ-100/250-250-85 (рисунок 10).

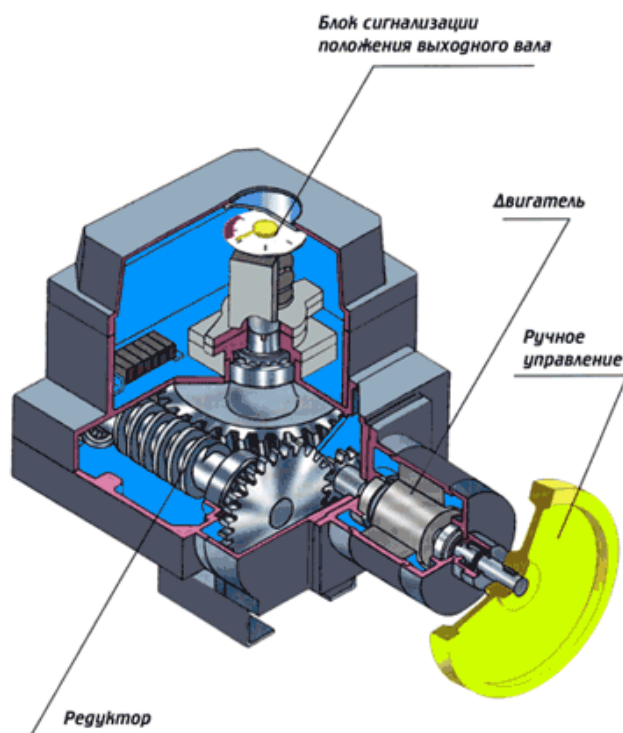


Рисунок 10 – Двигун МЭМ-100/250-250-85

Механізми виготовляються з датчиком зворотного зв'язку (блоком сигналізації положення вихідного вала) для роботи в системах автоматичного регулювання. Датчик має уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА. Двигун не призначений для роботи в середовищах, що містять агресивні гази і речовини, що викликають руйнування покриттів, ізоляції та матеріалів

Основні технічні характеристики двигуна наведені у таблиці 6.6.

					ІА52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.6 – Технічні характеристики двигуна

Характеристика	Значення
Номінальний крутний момент	100 Н/м
Номінальний час повного ходу вихідного валу	250 с
Номінальний повний хід вихідного валу	250 об
Потужність, не більше	1045 Вт
Маса, не більше	32 кг
Напруга живлення	220/380 В
Частота живлення	50 Гц
Температура навколишнього середовища	-30°C...+50°C

На функціональній схемі двигун до мішалки позначений позицією М3.

6.9 Контролер

В якості керуючого контролера для автоматизації виберемо контролер компанії Phoenix Contact, моделі ILC 330 PN, який зображено на рисунку 11.



Рисунок 11 – Контролер ILC 330 PN

Він містить всі необхідні характеристики для реалізації управління засобами автоматизації технологічного процесу, а саме: можливість підключення модулів вводу/виводу (як аналогових, так і дискретних), можливість підключення до персонального комп'ютера на автоматизованому робочому місці оператора, можливість підключення специфічних інтерфейсів. ILC 330 PN є програмованим контролером, призначеним для автоматизації завдань управління, які вимагають промислового обчислювального пристрою з надійністю програмованого логічного контролера [15].

Завдяки своїй продуктивності контролери цієї серії конкурують з високопродуктивними контролерами провідних світових компаній. Крім передачі даних по мережі Ethernet, контролери даного класу також можуть виконувати функцію польової шини (INTERBUS) та підтримують систему PROFINET, що використовується для зв'язку з периферійними пристроями. При цьому контролер можна використовувати як в якості ведучого, так і введеного пристрою системи PROFINET.

Специфікація PROFINET-контролеру має версію 1.1 з мінімальною частотою оновлення 1 мс.

Інформація про всі доступні інтерфейси передачі даних знаходиться у таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Інтерфейси передачі даних контролера

Інтерфейс	Тип підключення	Швидкість передачі даних
Локальна шина INTERBUS-Master	Розподілювач Inline	500 kBaud / 2 MBaud (перемикаємий)
Задання параметрів, програмування, діагностика	RS-232-C, 6-контактний роз'єм MINI-DIN (PS/2), Ethernet 10/100 (RJ45)	-

Ethernet 10Base-T/100Base-TX	Гніздо RJ45	10/100 Мбіт/с
------------------------------	-------------	---------------

Контролер має 12 прямих цифрових входів та 4 прямих цифрових виходи. Тип підключення до входів – розподільювач потенціалів, до виходів – пружинний затискач. Спосіб підключення – 2-, 3-, 4-провідний. Максимальний вихідний струм на 1 канал – 500 мА.

Для живлення контролеру напруга має бути в діапазоні 20,4 – 30 В, а споживчий струм становить 250 мА. Потужність, що розсіюється, дорівнює максимум 6 Вт. Дані про виконавчу систему моделі ILC 330 PN знаходяться у таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Виконавча система

Інжиніринговий інструмент	PC WORX
Пам'ять для програм	750 кбайт (стандартна команда 64 К (IL))
Пам'ять для даних	1,5 Мбайт
Пам'ять для постійного зберігання даних	64 кбайт (NVRAM)
Кількість задач управління	16
Годинник реального часу	Вбудований (живлення від акумулятора)

Контролер має порівняно невеликі розміри та масу: ширина становить 182 мм, висота – 140,5 мм, глибина – 71,5 мм. Маса дорівнює 440 г. Умови навколишнього середовища для експлуатації знаходяться у таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Навколишні умови

Ступінь захисту	IP20
Температура навколишнього середовища	-25°C...+55°C
Вологість повітря, без конденсату	10% ... 95%
Тиск повітря, до 3000 м над рівнем моря	70 кПа ... 106 кПа

Також на контролері відсутній діагностичний дисплей та немає можливості резервування системи керування.

					ІА52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6.10 Модулі введення/виведення

IB IL AI 4/I-PAC та IB IL AI 4/U-PAC – це серія модулів розширення для обраного контролера Phoenix Contact ILC 330 PN.

Відповідно до функціональної схеми автоматизації установки, необхідно 9 каналів аналогового уніфікованого введення (струмовий сигнал 4 – 20 мА). Таким чином, доцільно вибрати три модуля аналогового входу IB IL AI 4/U-PAC (рисунок 12).



Рисунок 12 – Модуль введення IB IL AI 4/U-PAC

Основні технічні характеристики та розміри знаходяться у таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 – Технічні характеристики IB IL AI 4/U-PAC

Розміри корпусу	Ширина 12.2 мм; висота 119.8 мм; глибина 71.5 мм
Ступінь захисту	IP20
Швидкість передачі даних	500 кбіт/с, Inline
Вхідний сигнал напруги	Від 0 В до 10 В
Гранична частота	300 Гц
Середовище передачі	Мідь
Час ЦА перетворення	Макс. 6.5 мкс

									Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				IA52.320BAK.005 ПЗ	

Відповідно до функціональної схеми автоматизації установки, необхідно 19 каналів дискретного виводу для формування сигналів управління виконавчими механізмами. Оскільки мінімальне число дискретних виходів для модулів серії дорівнює шести, то для підключення вищевказаних каналів використовуємо 4 модулі дискретного виводу 2701072 NLC-IO-06I-04QTP-01A (рисунок 13).



Рисунок 13 – Модуль дискретних виходів

Основні технічні характеристики приладу знаходяться у таблиці 6.11.

Таблиця 6.11 – Технічні характеристики

Розміри	Ширина 40 мм; висота 103,5 мм; глибина 43 мм
Ступінь захисту	IP20
Напруга живлення	24 В
Струм живлення	Від 50 мА до 90 мА
Тип підключення	Гвинтові затискачі
Температура зовнішня	Від -25°C до +60°C

Інформація про цифрові входи знаходиться у таблиці 6.12.

Таблиця 6.12 – Цифрові входи

					IA52.320BAK.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристика	Значення
Опис входу	р-п-р/п-р-п типу
Кількість входів	6
Час спрацювання, типовий	60 мкс (вкл), 70 мкс (викл)
Діапазон вхідних напруг, сигнал «0»	Від 0 В до 5 В
Діапазон вхідних напруг, сигнал «1»	Від 15 В до 30 В
Номінальний вхідний струм	5 мА (вкл)

Інформація про цифрові входи знаходиться у таблиці 6.13.

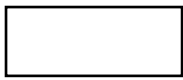

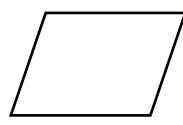
Таблиця 6.13 – Цифрові виходи

Характеристика	Значення
Опис виходу	р-п-р типу
Кількість виходів	4
Найменування захисту	Від короткого замикання, від перенавантаження
Максимальний вихідний струм на 1 канал	500 мА
Максимальний вихідний струм на 1 модуль	2 А
Номінальне навантаження	12 Вт

7 ПОБУДОВА АЛГОРИТМУ РОБОТИ КОНТРОЛЕРА

Для того, щоб у зручному та зрозумілому вигляді представляти алгоритми процесів, програм та розв'язування певних задач, зручно користуватись блок-схемами. Для представлення інформації використовують певний набір блоків (геометричні елементи), кожен з яких позначає різні процеси та операції. Опис та призначення основних блоків знаходяться у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Опис елементів блок-схем

Позначення	Назва	Призначення
	Термінатор	Вхід у або вихід з зовнішнього середовища (початок або кінець процесу)
	Процес	Одна або декілька операцій, обробка даних будь-якого вигляду
	Рішення	Обробка та перевірка умови, рішення. Вхід у блок може бути лише один, виходів – три або більше
	Зумовлений процес	Виконання процесу, що складається з одної або більше операцій, які визначені в іншому місці програми
	Дані	Введення або виведення даних (блок, що призначений для обробки та відображення результатів обробки даних)
	З'єднувач	З'єднання перерваних ліній потоку (наприклад, при переході на іншу сторінку)
	Коментар	Опис детальної інформації про кроки процесу, що розміщується у квадратній дужці по всій висоті

Для побудови алгоритмів проекту були використані такі блоки: термінатор, процес, рішення, з'єднувач, зумовлений процес.

Для зручності розіб'ємо всю програму управління автоматизованим процесом на 3 самостійні частини: перша частина включає контроль першого контуру регулювання, друга частина – другого та третього контурів, третя частина – четвертого та п'ятого контурів.

7.1 Алгоритм першої частини

Зовнішній вигляд алгоритму показаний на кресленні ІА52.320БАК.005 Д1 та на рисунку 14.

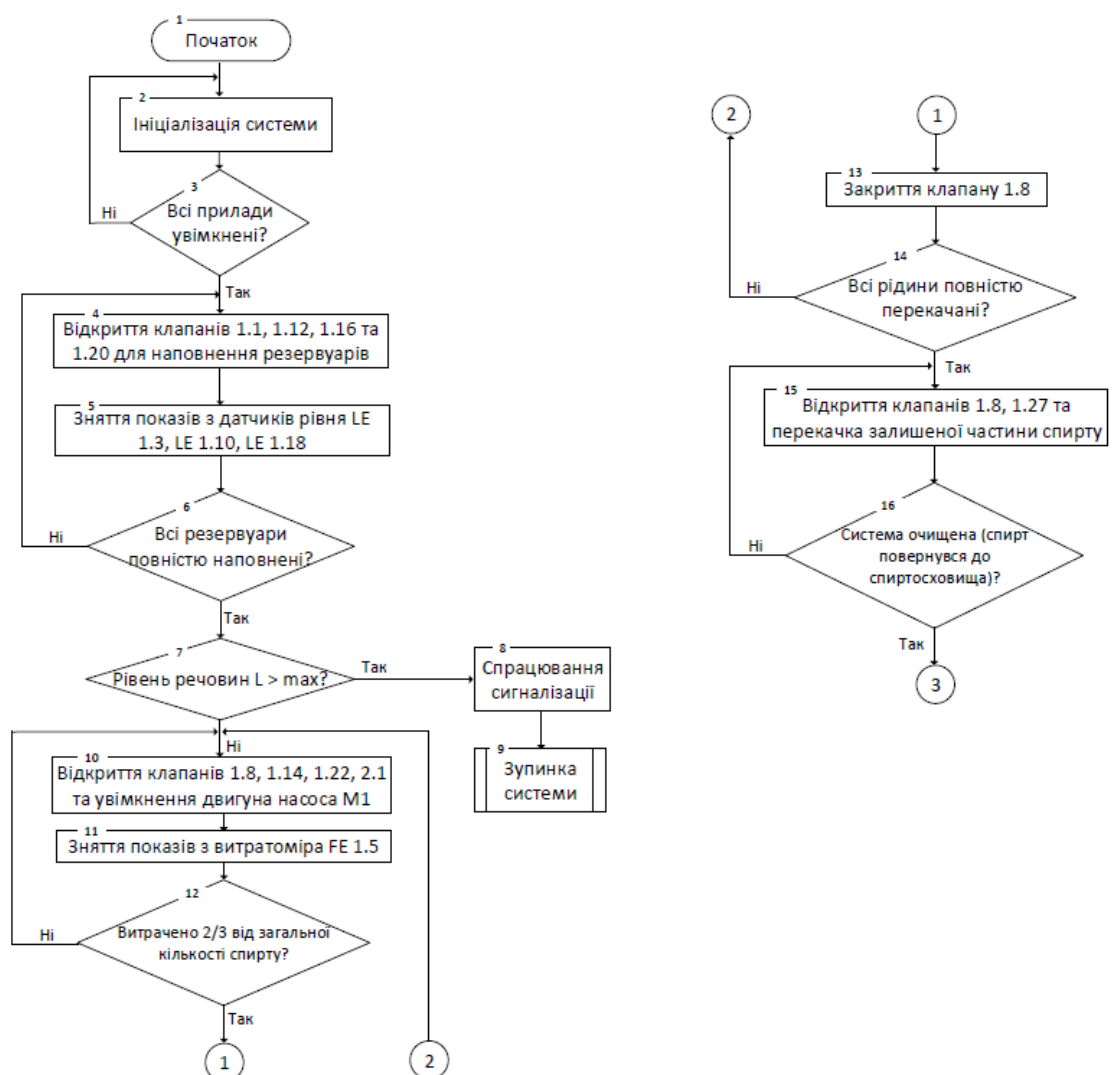


Рисунок 14 – Алгоритм запуску та підготовки системи

Даний алгоритм складається з 16 основних блоків та відображає початок роботи всієї системи, перевірку датчиків та приладів і підготовку компонентів суміші до подальшої обробки в наступному порядку:

- 1) Запуск системи;
- 2) Перевірка стану всіх приладів;
- 3) Наповнення першого резервуару спиртом та зчитування показників з датчика рівня, що розміщений у баці;
- 4) Одночасне наповнення другого резервуару необхідною кількістю води та композицій і зчитування показників з датчика рівня;
- 5) Паралельне наповнення третього резервуару настоями та зчитування показників з датчика рівня;
- 6) Якщо рівень рідин у баках перевищує максимально допустимий – спрацьовує сигналізація та система аварійно вимикається;
- 7) Після того, як всі резервуари заповнені, відкриваються клапани другого та третього резервуарів та вмикається насос, який перекачує рідини у бак для змішування;
- 8) Одночасно з цим відкривається клапан першого баку та насос перекачує 2/3 кількості спирту у бак для змішування, а витратомір сигналізує про кількість перекачаного етанолу;
- 9) Коли всі компоненти перекачані у бак для змішування, залишок етанолу по зворотному трубопроводу перекачується насосом по системі для її очищення та повертається назад до спиртосховища.

7.2 Алгоритм другої частини

Зовнішній вигляд алгоритму показаний на кресленні ІА52.320БАК.005 Д2 та на рисунку 15.

Даний алгоритм складається з 15 блоків та відображає процес змішування, відстоювання, а також фільтрації парфумованої рідини.

					ІА52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

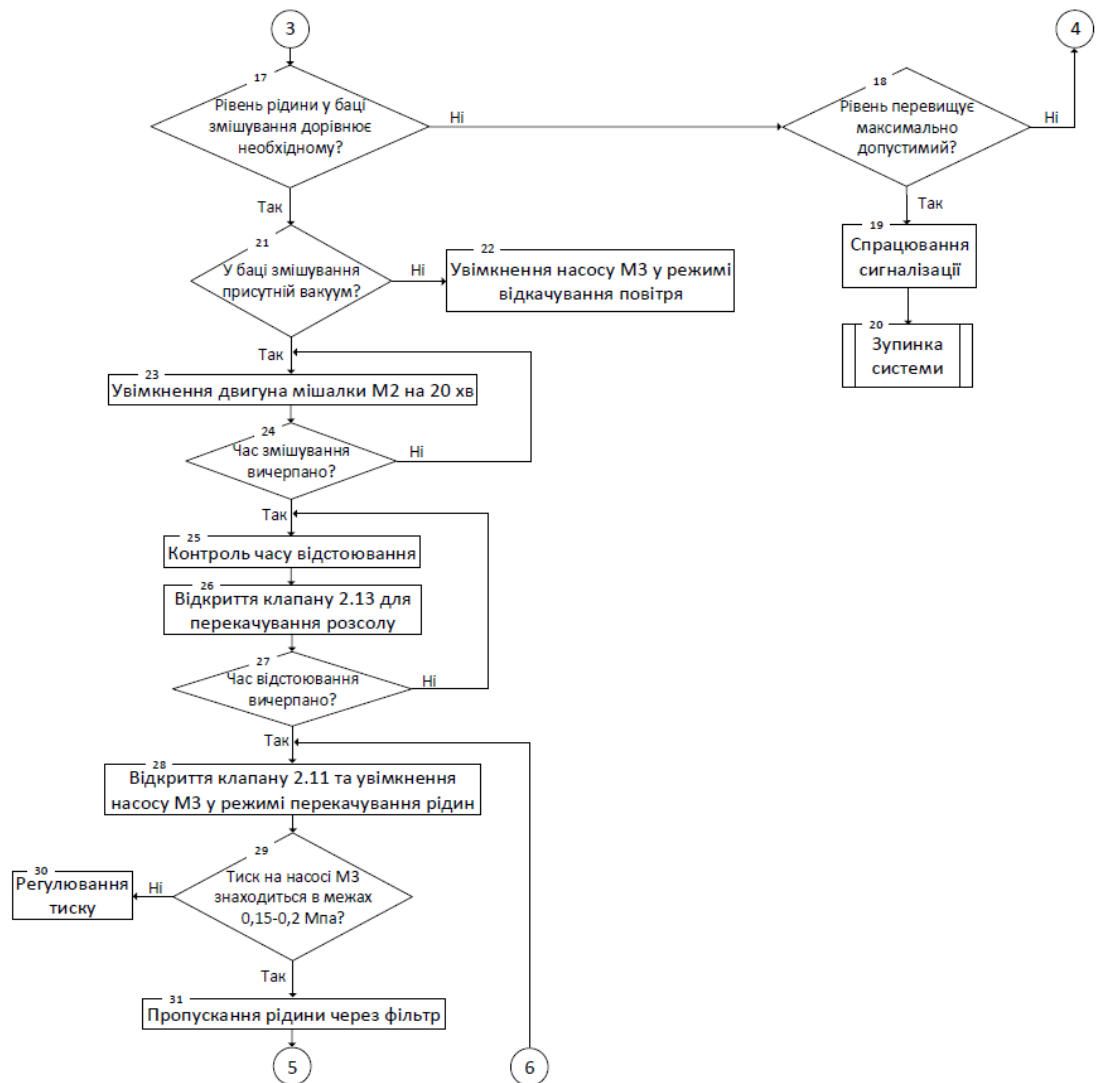


Рисунок 15 – Алгоритм змішування та фільтрування речовин

Алгоритм відображає виконання процесів в наступному порядку:

- 1) Перевірка рівня рідини у баці для змішування. Якщо він перевищує максимально допустимий – система аварійно вимикається, якщо рівень нижче необхідного – продовжується перекачування рідин;
- 2) Перевірка наявності вакууму. Якщо він відсутній – вмикається насос, що відкачує повітря та інші гази;
- 3) Якщо всі умови задовільні, на визначений час контролер вмикає двигун мішалки;
- 4) Після закінчення перемішування речовина залишається на певний час для відстоювання, спеціаліст відбирає пробу та при необхідності вмикає холодильну установку;

5) Після закінчення відстоювання, вмикається насос (що містить датчик тиску), котрий під тиском 0,15 – 0,2 МПа перекачує речовину до фільтру.

7.3 Алгоритм третьої частини

Зовнішній вигляд алгоритму показаний на кресленні ІА52.320БАК.005 ДЗ та на рисунку 16.

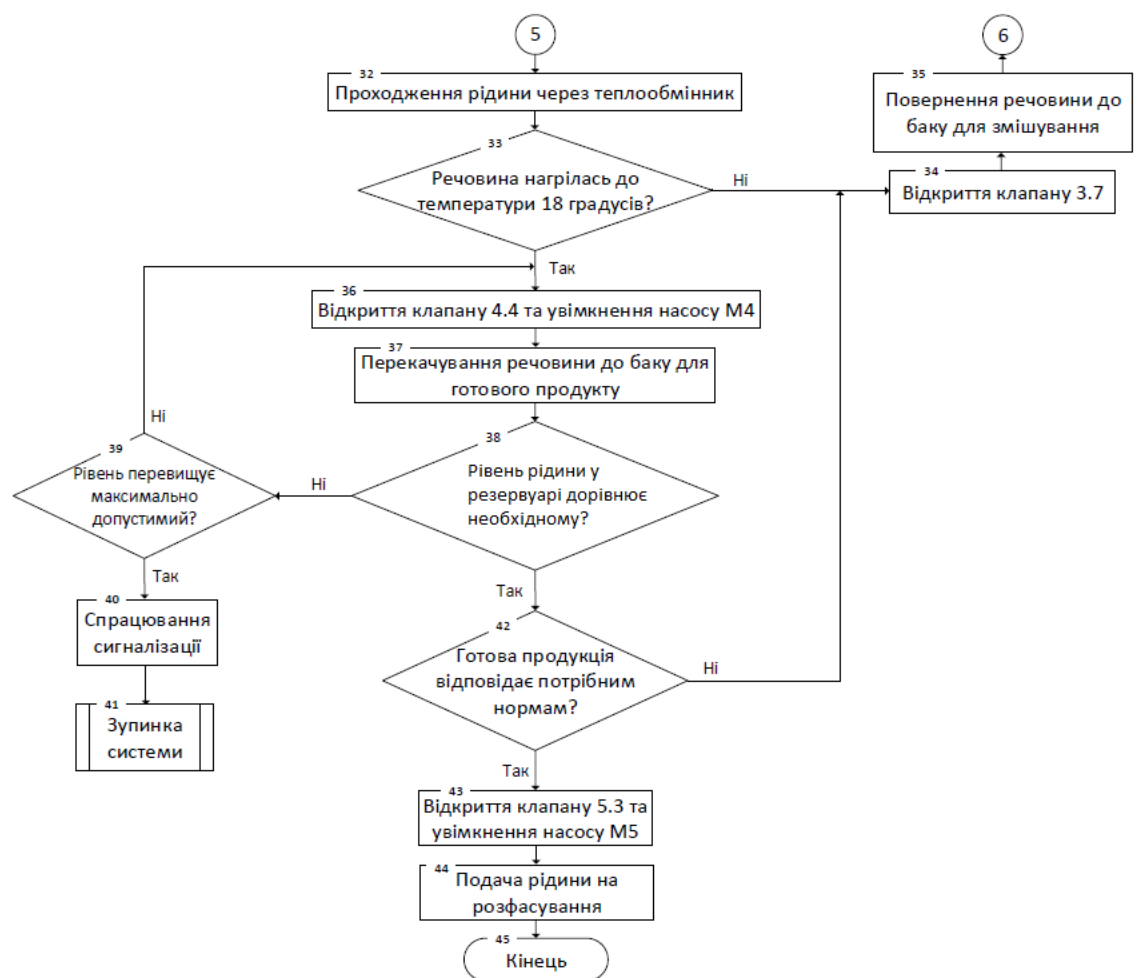


Рисунок 16 – Алгоритм темперування та отримання готової продукції

Даний алгоритм складається з 14 основних блоків та відображає процес темперування парфумованої рідини, отримання та перевірку готової продукції та її подачу на розфасування в наступному порядку:

1) Після проходження фільтру речовина рухається до апарату для

темперування (теплообмінника);

ІА52.320БАК.005 ПЗ

					Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

- 2) Під час темперування гаряча вода циркулює у закритій системі та підігріває речовину в апараті до 18 градусів. Для визначення температури рідини до теплообмінника під'єднаний датчик температури;
- 3) Після того, як речовина підігріється та пройде необхідну кількість кіл фільтрації та темперування, вмикається насос, котрий перекачує рідину у мірник;
- 4) Коли рівнемір у мірнику просигналізує про заповнення баку, спеціаліст ще раз відбирає пробу парфумованих рідин та при відповідності нормі вмикає насос, котрий перекачує готову рідину на розфасування. Якщо рідина не відповідає нормі – по трубопроводу вона повертається назад до резервуару для змішування і знову проходить через фільтр та теплообмінник.

					ІА52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ВИБІР ЗАКОНУ РЕГУЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РЕГУЛЯТОРА

У якості контурів регулювання даної системи розглянемо два варіанти: автоматичне регулювання витрати спирту та автоматичне регулювання температури парфумованої рідини.

8.1 Регулювання витрати спирту

Згідно технології виробництва, у резервуарі для зберігання повинна вміститись вся необхідна для виготовлення парфумів та очищення системи кількість спирту. Нехай резервуар розрахований на 1000 л (1 м^3) речовини. Для виробництва продукції необхідно використати $2/3$ від усієї кількості етанолу, тобто приблизно 670 л (0.67 м^3).

Процес регулювання витрати відбувається наступним чином: відкривається клапан, який пропускає спирт по трубопроводу, а витратомір Коріоліса, який під'єднаний безпосередньо до труби, фіксує кількість етанолу, що через нього проходить. Коли витрата становитиме 0.67 м^3 , витратомір передає сигнал на контролер, а той в свою чергу передає керуючий сигнал на клапан, який закривається і етанол перестає рухатись по трубопроводу.

Передатна функція технологічних об'єктів, у яких відбуваються подібні процеси, у загальному випадку є передатною функцією ідеальної інтегруючої ланки [18]. Диференційне рівняння в даному разі буде мати наступний вигляд:

$$\frac{dh(t)}{dt} = k(q_1(t) - q_2(t)), \quad (8.1)$$

де $h(t)$ – рівень спирту у резервуарі;

$q_1(t)$ та $q_2(t)$ – відповідно вхідна та вихідна величина;

		к – параметр, що визначений витратами етанолу.			Лист
				IA52.320BAK.005 ПЗ	
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Переписавши рівняння у вигляді передавальної функції, отримаємо:

$$\frac{dy(t)}{dt} = kx(t), \quad (8.2)$$

де $y(t)$ – вихідний сигнал;

$x(t)$ – регулюючий сигнал.

Переходячи до зображення Лапласа, згідно якого $\frac{dy(t)}{dt} = sY(s)$, $x(t) = X(s)$, отримаємо:

$$sY(s) = kX(s), \quad (8.3)$$

$$W(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{k}{s}, \quad (8.4)$$

Враховуючи витрату спирту як 0.67 м^3 , отримаємо кінцеве рівняння:

$$W(s) = \frac{0.67}{s}, \quad (8.5)$$

Перед тим, як приступити до розробки регулятора, оцінимо характер перехідного процесу та встановимо закон регулювання. При побудові перехідного процесу необхідно врахувати передатну функцію витратоміра та затримку, яка виникає при передачі даних між датчиком та контролером. Передатну функцію витратоміра оберемо наступну:

$$W_d(s) = \frac{1}{0.01s+1}. \quad (8.6)$$

Для того, щоб оцінити перехідний процес даної функції, побудуємо її перехідну характеристику, що зображена на рисунку 17. Як бачимо, без регулювання перехідний процес переходить у нескінчені зростаючі коливання.

					IA52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

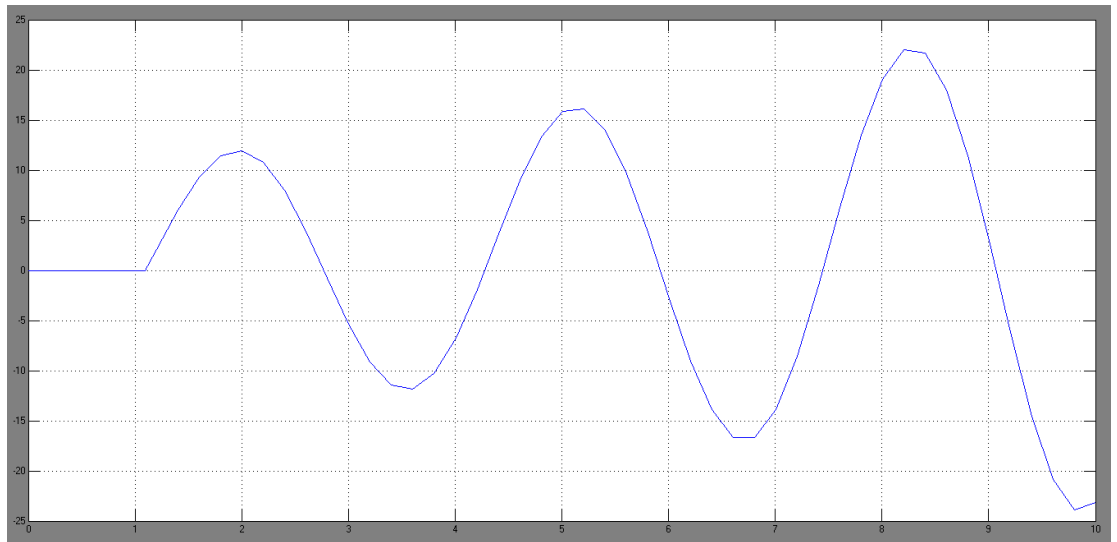


Рисунок 17 – Вигляд перехідного процесу без регулювання

З огляду на такий перехідний процес, слід робити схему з наявністю регулятора. Тому оберемо ПД регулятор, оскільки він дозволяє якнайкращим чином створювати керуючий вплив на виконавчий механізм клапана, положення якого необхідно регулювати.

Складемо схему регулювання за допомогою MATLAB/Simulink, що зображена на рисунку 18.

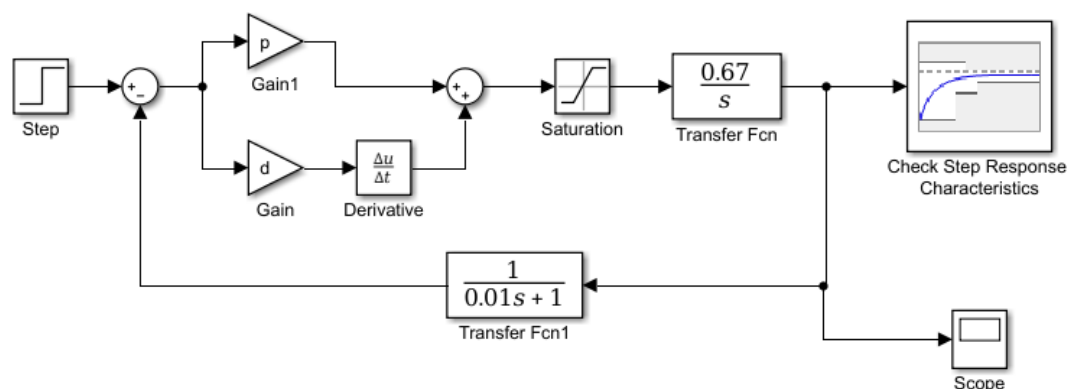


Рисунок 18 – Структурна схема системи з ПД регулятором

Параметри регулятора p та d виступають відповідно пропорційною та диференційною складовими. Для того, щоб розрахувати їхні значення за допомогою блоку Check Step Response Characteristics, задамо початкові параметри: $p = 1$, $d = 1$. Після запуску системи та проведення автоматичної

оптимізації, отримаємо наступні показники. $p = 0.649$, $d = -1.2962$.

IA52.320БАК.005 ПЗ

Лист				
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Порівняємо перехідний процес вихідної системи (без регулятора) та системи, що містить ПД регулятор (рисунок 19). Для точної перевірки наведено збільшене зображення характеристики з рисунку 19, яке зображене на рисунку 20.

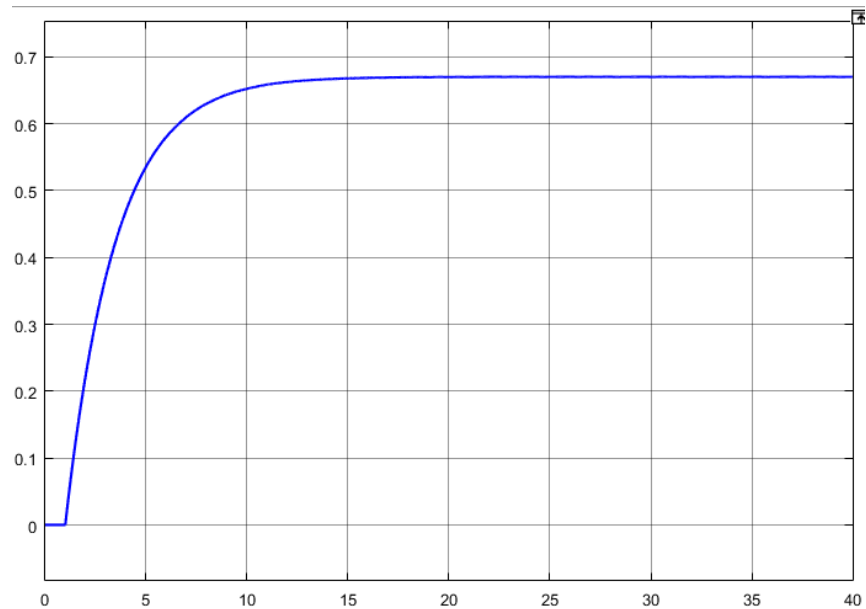


Рисунок 19 – Перехідний процес з застосуванням ПД регулятора

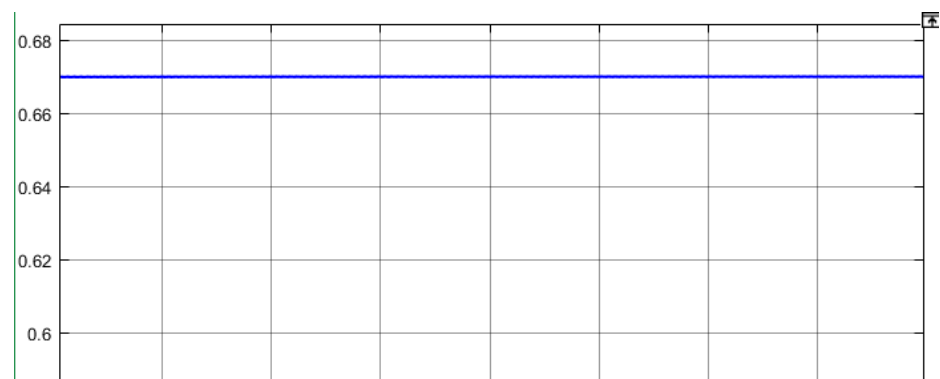


Рисунок 20 – Збільшений вигляд перехідної характеристики

Як видно з рисунків 19 та 20, за допомогою встановлення ПД-регулятора перехідна характеристика системи стала стійкою та встановилась на необхідному рівні – 0.67, що свідчить про ефективність його застосування.

8.2 Регулювання температури парфумованої рідини

Для отримання якісного кінцевого продукту необхідно підігріти парфумовану речовину до температури 18 °С. Це робиться для того, щоб в подальшому запобігти випаданню осаду та помутніння.

Процес підігріву відбувається наступним чином: парфумована речовина поступає до теплообмінника, у якому циркулює гаряча вода, що подається з бойлеру. До теплообмінника під'єднаний датчик температури, який визначає температуру саме парфумованої рідини. Якщо датчик фіксує, що температура речовини менше 18 °С, він подає сигнал на контролер, котрий відкриває клапан на трубопроводі, що веде речовину назад до баку для змішування. Коли датчик зафіксує значення температури на необхідному рівні, він інформує про це контролер, який в свою чергу подає керуючий сигнал на інший клапан та вмикає насос, що веде речовину у резервуар для готового продукту.

Визначимо передавальні функції елементів, які приймають участь у даному процесі. Для об'єктів, у яких відбуваються теплообмінні процеси, передавальна функція є аперіодичною ланкою першого порядку. Вихідним сигналом $y(t)$ слугує температура парфумованої рідини, регулюючим сигналом $x(t)$ – теплообмінник.

Диференціальне рівняння, що описує процес, має такий вигляд:

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = kx(t), \quad (8.7)$$

де T – час реакції датчика на зміну температури;

k – коефіцієнт підсилення.

Переходячи до зображення Лапласа, згідно якого $\frac{dy(t)}{dt} = sY(s)$, $x(t) = X(s)$, $y(t) = Y(s)$, отримаємо:

$$TsY(s) + Y(s) = kX(s), \quad (8.8)$$

$$Y(s)(Ts + 1) = kX(s), \quad (8.9)$$

Тоді кінцеве рівняння передаточної функції матиме вигляд:					Лист
1A52.320BAK.003 TT3					
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

$$W(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{k}{Ts+1}. \quad (8.10)$$

Час затримки, що виникає при передачі даних між датчиком та контролером, $T = 1$ с.

Так як коефіцієнт підсилення k в даному випадку відображає кількість енергії, що необхідна для нагріву парфумованої рідини на 1°C , а кількість теплоти Q – це енергія, яку тіло втрачає або набуває при теплопередачі, то прийmemo $k = Q$.

Для знаходження кількості теплоти застосуємо наступну формулу:

$$Q = cm\Delta t, \quad (8.11)$$

де Q – кількість теплоти;

c – питома теплоємність речовини;

m – маса речовини;

Δt – різниця температур.

Питома теплоємність парфумованих рідин $c = 4173 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, а різниця температур $\Delta t = 1^\circ\text{C}$. Для того, щоб визначити масу речовини, потрібно знати її об'єм та густину. Нехай об'єм $V = 1600$ л $= 1.6$ м³, а густина $\rho = 892 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Тоді кількість теплоти буде дорівнювати:

$$Q = cm\Delta t = c\rho V\Delta t = 4173 * 892 * 1.6 * 1 = 5.955 \text{ МДж}. \quad (8.12)$$

Так як $Q = k$, то $k = 5.955$.

Наступним кроком необхідно визначити передавальну функцію датчика вимірювання температури, для чого використаємо підсилювальну ланку, рівняння якої має такий вигляд:

$$y(t) = kx(t), \quad (8.13)$$

					IA52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де k – значення опору в залежності від температури.

Вихідним сигналом $y(t)$ слугує значення опору, регулюючим сигналом $x(t)$ – значення температури.

Переходячи до зображення Лапласа, згідно якого $x(t) = X(s), y(t) = Y(s)$, отримаємо наступний вигляд передавальної функції:

$$W(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = k, \quad (8.14)$$

Для визначення параметру k обраного датчика, потрібно розрахувати значення опору, яке передається датчиком до контролеру. Для цього застосуємо наступну формулу:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2), \quad (8.15)$$

де R_t – опір в омах при зміні температури;

R_0 – опір в омах при температурі 0°C .

В даному випадку значення $R_0 = 100$ Ом, а значення A та B є постійними величинами: $A = 3.9083 \cdot 10^{-3} (1/^\circ\text{C})$, $B = -5.775 \cdot 10^{-7} (1/^\circ\text{C}^2)$. Тоді:

$$R_t = 100(1 + 0.0039083 \cdot 18 - 0.0000005775 \cdot 324) = 107.02, \quad (8.16)$$

Тоді значення k буде дорівнювати:

$$k = \frac{107.02 - 100}{18} = \frac{7.02}{18} = 0.39. \quad (8.17)$$

Складемо схему регулювання за допомогою MATLAB/Simulink, що зображена на рисунку 20. За умовою температура має досягти рівня 18°C та встановитись на ньому. Отриманий результат зображений на рисунку 21.

					IA52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

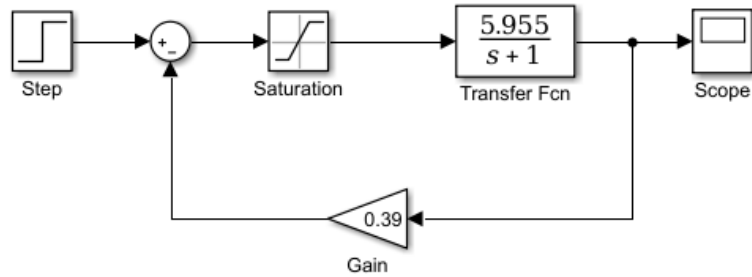


Рисунок 20 – Структурна схема системи

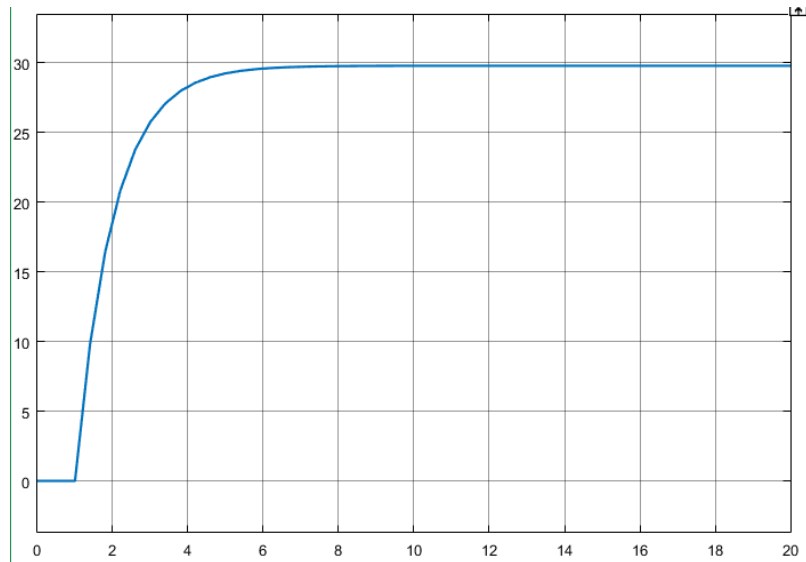


Рисунок 21 – Графік перехідної характеристики

Як бачимо з графіку, значення температури встановлюється на рівні 30 градусів при необхідних 18. Це значення є завеликим, тому для якісного перебігу технологічного процесу доцільно буде застосувати ПД-регулятор. Він є найбільш ефективним та розповсюдженим типом регулятора, так як забезпечує найбільшу точність при керуванні різними процесами за рахунок наявності всіх трьох складових регулювання.

Складемо схему регулювання за допомогою MATLAB/Simulink, що зображена на рисунку 22.

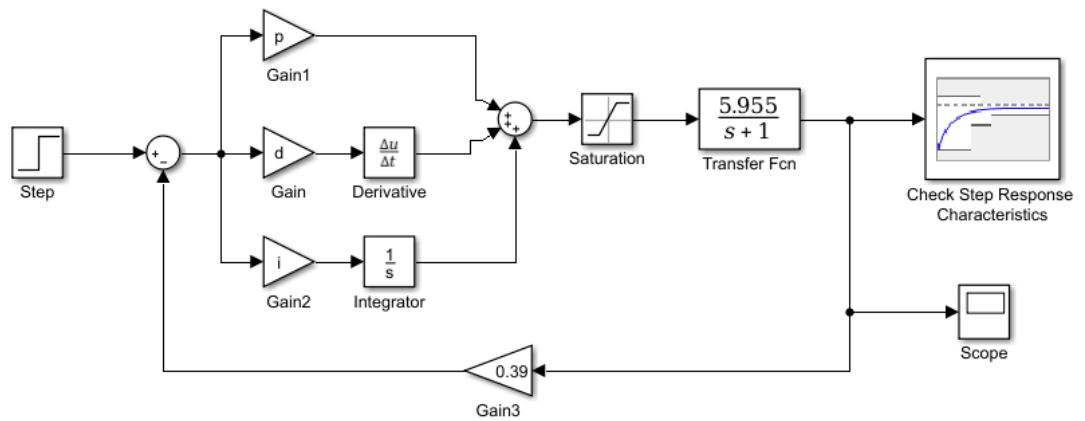


Рисунок 22 – Структурна схема з ПІД-регулятором

Параметри регулятора p , d та i виступають відповідно пропорційною, диференційною та інтегральною складовими. Для того, щоб розрахувати їхні значення за допомогою блоку Check Step Response Characteristics, задамо початкові параметри: $p = 1$, $d = 1$, $i = 1$. Після запуску системи та проведення автоматичної оптимізації, отримаємо наступні показники: $p = 0.63$, $i = 3.1274$, $d = -1.0319$.

Графік перехідної характеристики системи зображено на рисунку 23.

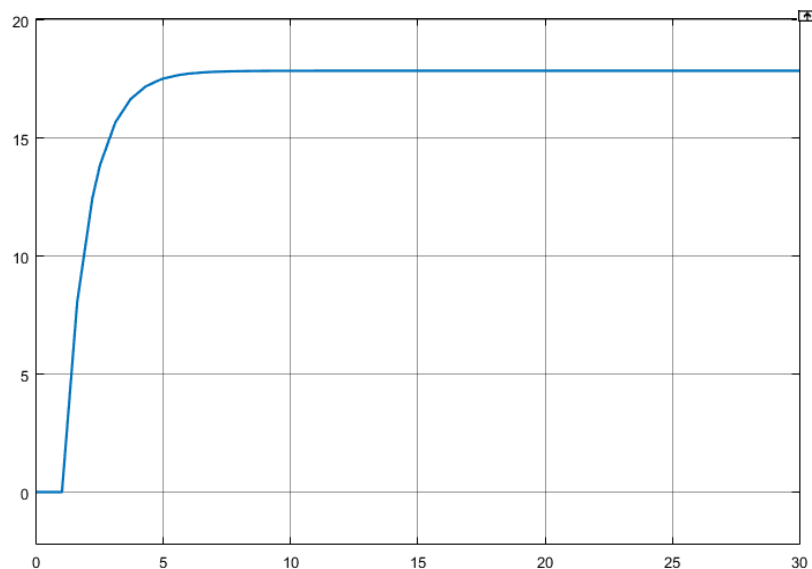


Рисунок 23 – Перехідна характеристика системи з ПІД-регулятором

Збільшимо масштаб графіку аби побачити чи отримане значення відповідає необхідному (рисунок 24).

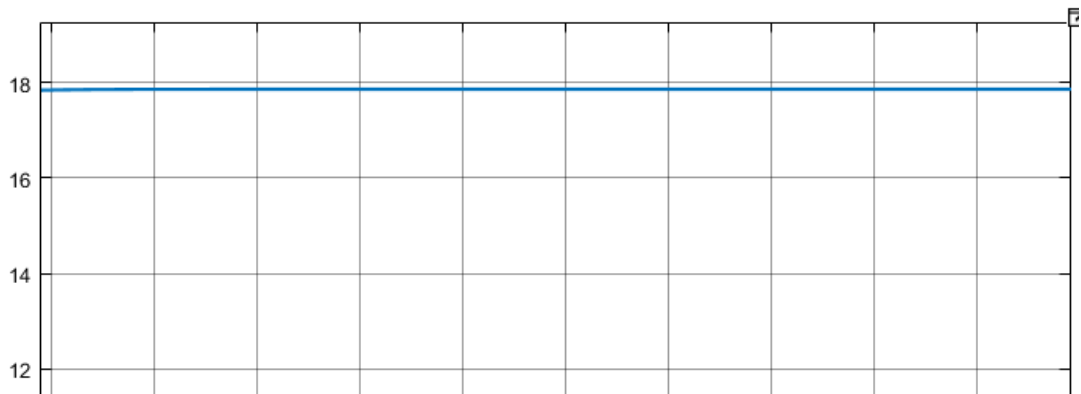


Рисунок 24 – Збільшений графік перехідної характеристики

З рисунків 23 та 24 видно, що перехідна характеристика встановилась на необхідному рівні (з невеликою похибкою, яка є допустимою), що свідчить про ефективність регулювання.

Перевіримо роботу регулятора, для чого до додамо зовнішнє збурення. Створимо схему регулювання зі збуренням за допомогою MATLAB/Simulink, що зображена на рисунку 25.

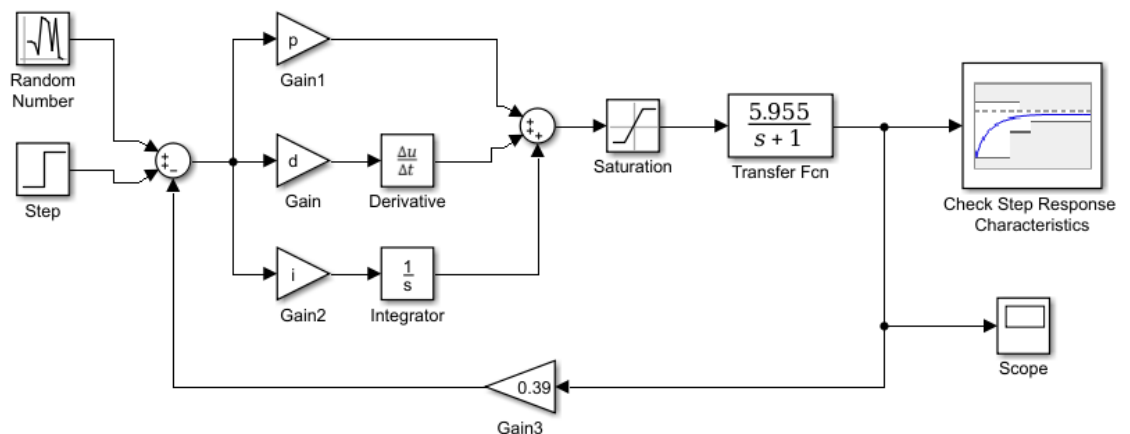


Рисунок 25 – Структурна схема зі збуренням

Зовнішній вигляд перехідної характеристики системи зі збуренням зображено на рисунку 26. Для того, щоб перевірити ефективність системи, збільшимо масштаб графіку та подивимось на відхилення, що виникає під дією збурення.

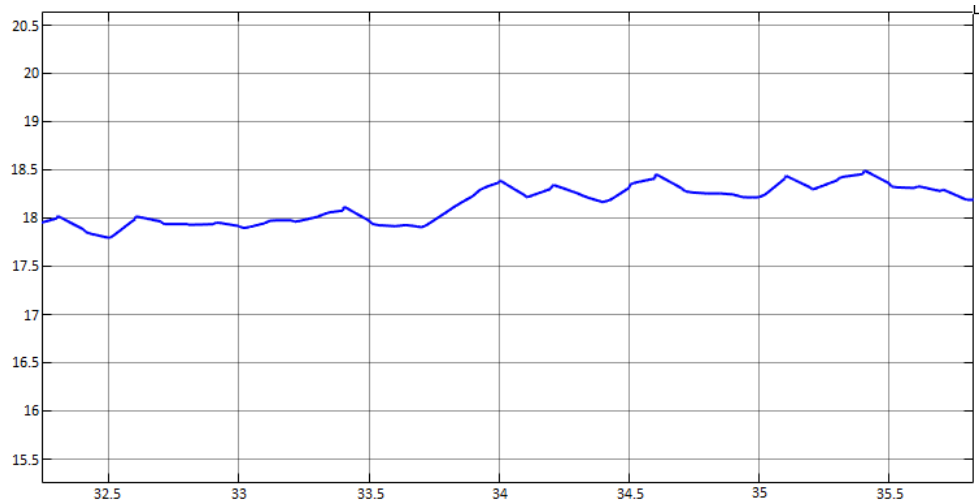


Рисунок 26 – Збільшений графік перехідної характеристики з
урахуванням збурення

З рисунку видно, що перехідна характеристика знаходиться на необхідному рівні, навіть під впливом збурення. Відхилення від норми становить максимум 0,4 – 0,5 одиниць, що є допустимим. Тому можна стверджувати про високу ефективність ПД-регулятора у даній системі та в цілому.

ВИСНОВОК

У рамках розробки даного дипломного проекту була проведена автоматизація технологічної установки для виготовлення парфумованих рідин. Метою проекту було підвищення якості, швидкості та ефективності технологічного процесу, проте цього не було досягнуто у максимальній мірі у зв'язку з нестачею вихідної інформації.

У ході виконання роботи була визначена область застосування установки та актуальність розробки, проаналізовано наявні рішення та вибрано найефективніший варіант, на основі якого були розроблені:

- функціональна схема автоматизації;
- структурна схема автоматизації;
- алгоритм роботи контролера.

Під час створення функціональної схеми були підібрані необхідні елементи керування: датчики, виконавчі механізми (регулятори) та контролер. Під час розробки структурної схеми було визначено зв'язок між усіма елементами та вузлами.

Після цього було розроблено алгоритм роботи контролера, що розбитий на три основні частини, кожна з яких описує порядок дій певних контурів регулювання. Для зручності алгоритм зображено у вигляді блок-схем.

Далі для підтвердження працездатності системи були проведені розрахунки двох контурів: регулювання витрати спирту та регулювання температури парфумованої рідини. Найкращими для даної системи виявились ПД- та ПІД-регулятор відповідно, що підтверджено отриманими графіками та розрахунками.

					IA52.320БАК.005 ПЗ	Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

- 1) Технологія парфумерно-косметичних продуктів. Навчальний посібник [Текст] / Л. В. Пешук, Л. І. Бавіка, І. М. Демідов. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 376 с.
- 2) ГОСТ 31678-2012 Продукция парфюмерная жидкая. Общие технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ Р 51578-2000; введ. 2012-11-29. – Москва: Стандартформ, 2019. – 16 с.
- 3) Денисенко В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 608 с.
- 4) Структурная схема простейшей системы регулирования [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://automation-system.ru/main/65-regulyator/regulation-systems/11-44-strukturnaya-sxema-prostejshej-sistemy-regulirovaniya.html>
- 5) Функціональні схеми автоматизації. Розробка та оформлення. Навчальний посібник [Текст] / Уклад.: Л. Ю. Юрчук, В. А. Жеребко. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 91 с.
- 6) Каспаров Г. Н. Парфюмерно-косметическое производство. – М.: Агропромиздат, 1989. – 187 с.
- 7) Клир Жд. Системология. Автоматизация решения системных задач. – М.: Радио и связь, 1990. – 544 с.
- 8) Автоматизація технологічних процесів і систем автоматичного керування: Навчальний посібник [Текст] / О. В. Барало, П. Г. Самойленко, С. Є. Гранат, В. О. Ковальов. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
- 9) Взрывозащищенный (взрывобезопасный) датчик MS DUG2S-N-C-0,3 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://teko-com.ru/katalog/vzryvobezopasnoe-oborudovanie/podbor-datchikov-namur/ms-dug2s-n-c-0-3.html>

- 10) Расходомеры кориолисовые Метран-360R, Метран-360F
[Электронный ресурс] – Режим доступа:
<https://docplayer.ru/47961236-Rashodomery-koriolisovye-metran-360r-metran-360f.html>
- 11) Широкодиапазонный вакуумметр СС-10 [Электронный ресурс] –
Режим доступа: http://televac.ru/catalog/cc_10_wide_vakuometr.php
- 12) Термометр сопротивления. Компактная конструкция. Модель
TR30 [Текст]: листок-каталог: разработчик и изготовитель АО
«ВИКА МЕРА». – М.: 2018. – 8 с.
- 13) Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник. – М.:
Техносфера, 2005. – 592 с.
- 14) Насос Hydro Vacuum SKC [Электронный ресурс] – Режим доступа:
http://www.hydro-vacuum.ru/self-priming_pumps_skc_industry.php
- 15) Управление - ILC 330 PN – 2988191 [Электронный ресурс] – Режим
доступа: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/ua?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2988191&library=uauk&tab=1>
- 16) Башура А. Г. Аппаратура и блок-схемы производства
косметических средств. – Харьков: издательство НФАУ, 2001. – 82
с.
- 17) Бесекерский В. А. Теория систем автоматического управления / В.
А. Бесекерский, Е. П. Попов. – М.: Профессия, 2007. – 752 с.
- 18) Борисевич А.В. Теория автоматического управления:
элементарное введение с применением MATLAB – СПб.:
Издательство Политехнического университета, 2011. – 200 с.